

McGraw-Hill Education

الكيمياء

نسخة الإمارات العربية المتحدة

للسف 11 العام

مجلد 3

Online Learning
Term 3 AY 19/20

Mc
Graw
Hill

Project: McGraw-Hill Education United Arab Emirates Edition Integrated Science Grade 11 Year 4 T3 Chemistry

FM. Front Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
6. Mixtures and Solutions, Chapter 14, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
7. Reaction Rates, Chapter 16, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017
EM. End Matter, from Glencoe Chemistry: Matter and Change ©2017

صورة الغلاف: PjrStudio/Alamy

mheducation.com/prek-12



جميع الحقوق محفوظة © للعام 2020 لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو توزيعه في أي صورة أو بأي وسيلة كانت أو تخزينه في قاعدة بيانات أو نظام استرداد من دون موافقة خطية مسبقة من McGraw-Hill Education. بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التخزين على الشبكة أو الإرسال عبرها أو البث لأغراض التعليم عن بُعد.

الحقوق الحصرية للتصنيع والتصدير عائدة لمؤسسة McGraw-Hill Education. لا يمكن إعادة تصدير هذا الكتاب من البلد الذي باعت له McGraw-Hill Education. هذه النسخة الإقليمية غير متاحة خارج أوروبا والشرق الأوسط وإفريقيا.

النسخة الإلكترونية

طُبِعَ في دولة الإمارات العربية المتحدة.

رقم النشر الدولي: 978-1-44-701281-8 (نسخة الطالب)
MHID: 1-44-701281-X (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-44-701283-2 (نسخة المعلم)
MHID: 1-44-701283-6 (نسخة المعلم)

رقم النشر الدولي: 978-1-44-701271-9 (نسخة الطالب)
MHID: 1-44-701271-2 (نسخة الطالب)
رقم النشر الدولي: 978-1-44-701273-3 (نسخة المعلم)
MHID: 1-44-701273-9 (نسخة المعلم)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 XXX 22 21 20 19 18 17

مُلخَص المحتويات

- 1 الجدول الدوري والقانون الدوري
- 2 المركبات الأيونية والفلزات
- 3 الترابط التساهمي
- 4 التفاعلات الكيميائية
- 5 المول
- 6 المخاليط والمحاليل
- 7 سرعة التفاعلات الكيميائية

196	المخاليط والمحاليل
196	التجربة الاستهلاكية كيف تتغير الطاقة عندما تتشكل المحاليل؟
198	القسم 1 أنواع المخاليط
200	مختبر تحليل البيانات تصميم تجربة
202	القسم 2 تركيز المحلول
211	القسم 3 العوامل المؤثرة في الذوبان
220	القسم 4 الخصائص التجميعية للمحاليل
224	تجربة مصفرة تحديد انخفاض درجة التجمد
227	الكيمياء و المون كيميائي البيئة
228	مختبر الكيمياء دراسة العوامل المؤثرة في الذائبة

الوحدة

6

236	سرعة التفاعلات الكيميائية
236	التجربة الاستهلاكية كيف يمكنك زيادة سرعة تفاعل كيميائي؟
238	القسم 1 نموذج لسرعة التفاعلات
244	مختبر حل المشكلات تفسير البيانات
246	القسم 2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل
249	تجربة مصفرة دراسة العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة حرارته
252	القسم 3 قوانين سرعة التفاعل
256	القسم 4 سرعة التفاعلات اللحظية وآليات التفاعل
261	الكيمياء و الصحة سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم
262	مختبر الكيمياء دراسة تأثير التركيز على سرعة التفاعل

الوحدة

7

Online Learning
Term 3 AY 19/20

المخاليط والمحاليل

الفكرة الرئيسة كلُّ الغازات تقريباً والمواد السائلة والمواد الصلبة التي تُشكّل عالمنا هي مخاليط.

الأقسام

- 1 أنواع المخاليط
- 2 تركيز المحلول
- 3 العوامل المؤثرة في الذوبان
- 4 الخصائص التجميعة للمحاليل

التجربة الاستهلاكية

كيف تتغيّر الطاقة عندما تتشكّل المحاليل؟

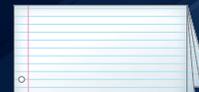
عندما يتشكّل محلول ما، تُؤثّر قوى التجاذب بين جسيمات المذيب وجسيمات المذاب في القوى بين جزيئية للمذاب. في هذا المختبر، ستكتشف ما إذا كان هذا التفاعل يُؤثّر في طاقة المحلول.

مطوياتي®

منظم الدراسة

التركيز

أعدّ كتاباً كما يظهر في الشكل. فم باستخدامه لمساعدتك على تنظيم البيانات حول تركيز المحاليل.



الصلب



الخرسانة



يُعدُّ الفولاذ والخرسانة من المخاليط المُستخدمة في تشييد هذا البناء. يعدُّ الحديد من أهمِّ مكونات الفولاذ، غير أنَّه باستطاعتنا إضافة عناصر أُخرى مثل النيكل والمنغنيز والفناديوم والتنجستن حسب الخصائص المرغوب فيها. يُستخدم الإسمنت لصناعة الخرسانة والملاط لتشكيل موادَّ بناء صلبة بإمكانها الصمود أمام الضغوط البيئية اليومية.

أنواع المخاليط

القسم 1

الفكرة الرئيسية قد تكون المخاليط غير متجانسة أو متجانسة

إن كنت قد ملأت في أي وقت مضى دلوًا من مياه المحيط، علك قد تكون لاحظت أن بعض الراسب يستقر في قاع الدلو. ومع ذلك، فإن الماء سيكون مالحًا بعض النظر عن الهدة التي ستتزكها فيها في الدلو. لماذا تترسب بعض المواد تدريجيًا على عكس مواد أخرى؟

الكيمياء في حياتك

مخاليط غير متجانسة

تذكر أن الخليط هو مزيج بين مادتين نقيتين أو أكثر حيث تحتفظ كل مادة نقيّة بخصائصها الكيميائية المنفردة. لا تمتزج المخاليط غير المتجانسة ببعضها بسلاسة، فظلّ المواد المنفردة مميّزة. تُعتبر المعلقات والغرويّات من المخاليط غير المتجانسة.

المعلقات هو خليط يحتوي على جسيمات ترسب إذا ما تركت ثابتة. يُعتبر الماء الموحل المبيّن في الشكل 1 معلقًا. سكب معلق سائل عبر مصفاة سيفصل كذلك الجسيمات المعلقة.

مخاليط متغيرة الانسيابية تنفصل بعض المعلقات إلى خليط شبه صلب في الأسفل وماء في الأعلى. عندما يقع تحريك أو رجّ الخليط شبه الصلب، فإنّه ينساب مثل السائل تُعدّ المواد التي تتبع سلوكًا مماثلًا متغيرة الانسيابية. فمعجون الأسنان على سبيل المثال هو متغير الانسيابية، فهو بمثابة سائل عندما يتمّ عصره من الأنبوب ومادة صلبة عندما تضغطه على فرشاة. تُعدّ بعض الأصباغ متغيرة الانسيابية — يمكنك تحريكها وهي داخل غلبة الصبغ إلا أنّها لا تنساب للأسفل عندما تكون على عصا التحريك أو على الفرشاة. يجب أن يكون البتائين في المناطق الزلزالية على علم بأنّ بعض أنواع الحطّين تكون متغيرة الانسيابية. يُشكّل هذا الطين سوائيل كنتيجة لاندلاع الزلزال، والذي يسبّب في انهيار المنشآت التي بُنيت عليها.

الأسئلة الرئيسية

- ما وجه المقارنة بين المعلقات والغرويّات والمحاليل؟
- ما هي أنواع الغرويّات وأنواع المحاليل؟
- كيف نصف القوى الكهروستاتيكية الموجودة في الغرويّات؟

مُفردات المُراجعة

المذاب solute: مادة مُذابة في محلول

المفردات الجديدة

suspension	معلق
colloid	غروي
brownian motion	الحركة البراونيّة
tyndall effect	ظاهرة تندال
soluble	ذائب
miscible	قابل للامتزاج
insoluble	غير قابل للذوبان
immiscible	غير قابل للامتزاج

■ الشكل 1 يُمكن فصل المعلق إذا ما تركناه يستقر لفترة من الزمن. يُمكن كذلك فصل معلق سائل عبر الترشيح.



الجدول 1 أنواع الغرويات

الصف	مثال	جسيمات مُشتتة	وسط التشتت
صلب في صلب	مُجوهرات مُلوّنة	مواد صلبة	مواد صلبة
صلب في سائل	دم، جيلاتين	مواد صلبة	مواد سائلة
مُستحلب صلب (سائل في صلب)	زُبدة، جُبنة	مواد سائلة	مواد صلبة
مُستحلب (سائل في سائل)	حليب، مايونيز	مواد سائلة	مواد سائلة
رغوة صلبة	حلوى الخطمي، صابون قابل للطفو	غاز	مواد صلبة
رغوة	قشدة مخفوقة، مخفوق بياض البيض	غاز	مواد سائلة
هباء جوّي صلب	دخان، غبار في الهواء	مواد صلبة	غاز
هباء جوّي سائل	رذاذ مُزيل الرَّائحة، صاب، سُحب	مواد سائلة	غاز

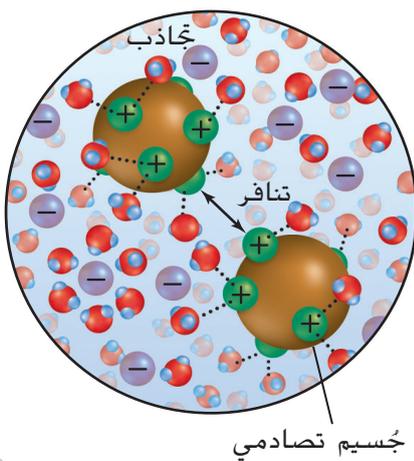
الغرويات الجسيمات في المعلقات أكبر بكثير من الدُّرَاب وإيصالها التُّرْسَب في المحلول. **الغروي** هو خليط غير مُتجانس من الجسيمات مُتوسّطة الحجم (بين حجم المقياس الذري للجسيمات في المحلول وحجم جسيمات المعلق). يراوح قطر الجسيمات الغروية ما بين 1 nm و 1000 nm. كما أنّها لا تُترسّب. يمدّ الحليب من الغرويات. لا يُمكن فصل مُكوّنات حليب مُتجانس عن طريق التُّرْسَب أو عن طريق التُّرْسِج.

تُعتبر المادّة الأكثر وفرة في الخليط وسط التشتت. وتُصنّف المواد الغروية وفقاً لأطوار جسيماتها المُشتتة وأوساط التشتت. الحليب هو مُستحلب غروي لأنّ الجسيمات السائلة المُشتتة في وسط سائل. يُحتمل الجدول 1 وصفًا لغرويات أخرى. لا تتمكّن الجسيمات المُشتتة في الغروي من التُّرْسَب لأنّها غالبًا ما تحمل على سطحها مجموعات ذريّة فُطبيّة أو مشحونة. تُجذب هذه المناطق على سطحها المناطق المشحونة السالبة أو الموجبة لجزيئات وسط التشتت. وهذا يُؤدّي إلى تشكيل طبقات كهروستاتيّة حول الجسيمات، كما هو مُبيّن في الشكل 2. تتنافر الطبقات مع بعضها عندما تصطدم الجسيمات المُشتتة. وبالتالي، تبقى الجسيمات في الغروي. إذا ما تدخلت في الطبقات الكهروستاتيّة، فسوف تترسّب الجسيمات الغروية في المحلول. فعلى سبيل المثال، إذا حرّكت إلكتروليت داخل غروي، فسوف تتجمّع الجسيمات المُشتتة معًا وتُدمر الغروي. التسخين أيضًا يُدمر الغروي لأنّه يُعطي الجسيمات المُتصادمة ما يكفي من الطاقّة الحركيّة كي تغلب على القوى الكهروستاتيّة وكي تُترسّب.

الحركة البراونيّة تقوم الجسيمات المُشتتة في الغرويات السائلة بحركات مُهتّرة وعشوائيّة. وتُسمّى هذه الحركة غير المنتظمة للجسيمات الغروية بالحركة البراونيّة. وقد فُطن لها لأول مرّة عالم النبات الإسكتلندي روبرت براون (1773-1858)، والتي سُميت باسمه في وقت لاحق، حيث أنّه لاحظ الحركات العشوائيّة لحبّات الطلع المُشتتة في الماء. تحدّد **الحركة البراونيّة** نتيجة اصطدام جسيمات وسط التشتت مع الجسيمات المُشتتة. تُساهم هذه الاصطدامات في الحيلولة دون ترسّب الجسيمات الغروية في المحلول.

✓ **التأكد من فهم النّص صِف** سببين وراء عدم ترسّب الجسيمات في الغروي.

■ **الشكل 2** تُشكّل جسيمات وسط التشتت طبقات مشحونة حول جسيمات الغروي. تتنافر هذه الطبقات المشحونة مع بعضها البعض وتمنّع الجسيمات من التُّرْسَب.



الجدول 2 أنواع المحاليل وأمثلة عليها

نوع المحلول	مثال	المُذيب	المُذاب
غاز	الهواء	النيتروجين (غاز)	الأكسجين (غاز)
سائل	مياه غازية	الماء (سائل)	ثاني أكسيد الكربون (غاز)
سائل	مياه المحيط	الماء (سائل)	غاز الأكسجين (غاز)
سائل	مانع التجمد	الماء (سائل)	جليكول الإيثيلين (سائل)
سائل	الخل	الماء (سائل)	حمض الأستيك (سائل)
سائل	مياه المحيط	الماء (سائل)	كلوريد الصوديوم (صلب)
صلب	مملغم خشبة الأسنان	الفضة (صلب)	الزئبق (سائل)
صلب	الفولاذ	الحديد (صلب)	الكربون (صلب)

مثلما يُمكن أن تأخذ المحاليل أشكالاً مُختلفة، فإنّ المذابات في المحاليل يُمكن أن تكون غازية أو سائلة أو صلبة، كما هو أيضاً مبين في الجدول 2. يُمكن للمحاليل مثل مياه المحيط أن تحتوي على أكثر من مذاب واحد.

تكوين المحاليل على عكس تركيبات أخرى، فإنّ بعض التركيبات للمواد تُكوّن محاليل على الفور. ونقول عن المادة التي تذوب في المُذيب بأنها **ذائبة** في ذلك المُذيب. فالسُكّر على سبيل المثال، ذائب في الماء، وتلك حقيقة قد تُكوّن تعلّمها عن طريق إذابة السُكّر في مياه مُتدّية لتُحصّر مشروباً مُحلى مثل الشاي أو عصير الليمون. ويسمّى سائلان قابلان للذوبان في بعضهما البعض بأيّ نسبة كانت، مثل السوائل التي تُشكّل مانع التجمد المدرج في جدول 2 سائلان **قابِلان للامتزاج**. ونقول عن المادة التي **لا تقبل الذوبان** في مُذيب بأنها غير قابلة للذوبان في ذلك المُذيب. إنّ الرمل غير قابل للذوبان في الماء. تنفصل السوائل في رُجاجة تحتوي على الرّيت والخل بعد خلطها بفترة وجيزة. إنّ الرّيت غير قابل للذوبان في الخل. يسّمى سائلان يُمكن خلطهما ببعض لكن ينفصلان عن بعضهما البعض في فترة وجيزة بسائلين غير **قابِلان للامتزاج**.

القسم 1 مراجعة

- الفكرة الرئيسية اشرح استخدام خصائص مياه البحر كي تصف ميزات المحاليل.
- ميّز بين المعلقات والغرويات.
- حدّد مختلف أنواع المحاليل. صف خصائص كلّ نوع من المحاليل.
- اشرح استخدام ظاهرة تبدال لتفسّر لماذا تُكوّن السّياقة وسط الصّباب مع استخدام الأنوار العالية أصعب من السّياقة مع استخدام الأنوار المنخفضة.
- صف الأنواع المُختلفة للغرويات.
- اشرح لماذا تبقى جسيمات الغرويات المُشْتتة مُشْتتة؟
- لخصّ مالذي يسبب الحركة البراونية؟
- قارن وقابل أعدّ جدولاً به مقارنة بين خصائص المعلقات والغرويات والمحاليل.

ملخص القسم

- يمكن تمييز مكونات خليط غير متجانس.
- تُعدّ المعلقات والغرويات نوعين من المحاليل غير المتجانسة.
- الحركة البراونية هي حركة عشوائية للجسيمات الغروية.
- تُظهر الغرويات ظاهرة تبدال.
- يُمكن للمحلول أن يكون غازاً أو سائلاً أو صلباً، وذلك بناءً على المُذيب.
- يُمكن للمذاب في المحلول أن يكون غازاً أو سائلاً أو صلباً.

تركيز المحلول

القسم 2

الفكرة الرئيسة يمكن التعبير عن التركيز بدلالة النسبة المئوية أو بالمولات.

هل تذوّقت في أيّ وقت مضي كوبًا من الشاي المُثلج ووجدت أنّه قويًا جدًا أو شديد المرارة؟ لتعديل المذاق، بإمكانك إضافة الماء للتخفيف في الشاي أو إضافة السكر لتحليته. وفي كلتا الحالتين، فأنت تقوم بتغيير تركيز الجسيمات الذائبة في الماء.

الكيمياء في حياتك

التعبير عن التركيز

يُعدُّ تركيز المحلول مقياسًا يُعبّر عن كمية المذاب الذائبة في كمية مُحدّدة من المذيب أو المحلول. ويُمكن التعبير بشكل نوعي عن التركيز من خلال استخدام كلمة مُركّز أو مُخفّف. لاحظ إيريقي الشاي في الشكل 4. فأحد الإيريقيين يحتوي على شايًا أكثر تركيزًا من الآخر. عموماً، يحتوي المحلول المُركّز على كمية كبيرة من المذاب فالشاي ذو اللون الداكن يحتوي على جسيمات شاي أكثر من الشاي ذي اللون الفاتح. والعكس صحيح؛ فالمحلول المُخفّف يحتوي على كمية أقل من المذاب. فالشاي ذو اللون الفاتح في الشكل 4 هو محلول مُخفّف، إذ يحتوي على جسيمات شاي أقل من الشاي ذي اللون الداكن.

وعلى الرغم من أنّ التعبير النوعي عن التركيز يُمكن أن يكون مُفيدًا، إلا أنّه غالبًا ما يتّمّ التعبير عن المحاليل كميًا. ومن التعبيرات الكميّة الأكثر شيوعًا عن التركيز نجد النسبة المئوية المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم والمولارية والمولالية. وكل هذه التعبيرات تُصِف التركيز على أنّه نسبة الكميات المقاسة للمذاب والمذيب أو للمحلول ككل. ويحتوي الجدول 3 على وصف لكل نسبة.

أيّ تعبير كمّي يجب استعماله؟ يعتمد استعمال التعبير المُناسب على نوع المحلول الذي يتّمّ تحليله والسبب وراء وصفه. فإذا كان أحد الكيمائيين مثلاً يعمل على تفاعل في محلول مائي فسوف يستخدم غالبًا المولارية للتعبير عن تركيز المحلول لأنّه يحتاج إلى معرفة عدد الجسيمات التي تُشكّل التفاعل.

الجدول 3 نسب التركيز

وصف التركيز	النسبة
النسبة المئوية بالكتلة	$100 \times \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}}$
النسبة المئوية بالحجم	$100 \times \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}}$
المولارية	$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول بالتر}}$
المولالية	$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب بالكيلوجرام}}$
الكسر المولي	$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{عدد مولات المذاب} + \text{عدد مولات المذيب}}$

الأسئلة الرئيسة

- كيف يُمكننا وصف التركيز من خلال استخدام وحدات مُختلفة؟
- كيف نُحدّد تراكيز المحاليل؟
- ما مولارية المحلول وكيف يُمكننا حسابها؟

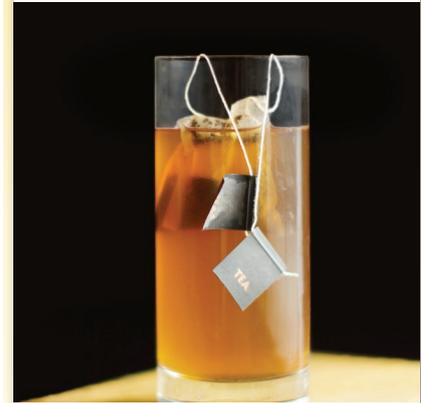
مُفردات المُراجعة

المُذيب solvent المادة التي تُذيب المذاب لتكوين المحلول.

المفردات الجديدة

concentration	التركيز
molarity	المولارية
molality	المولالية
mole fraction	الكسر المولي

■ الشكل 4 تعكس شدّة اللون تركيز الشاي. فالشاي ذو اللون الداكن أكثر تركيزًا من الشاي ذي اللون الفاتح.



النسبة المئوية بالكتلة النسبة المئوية بالكتلة هي نسبة كتلة المذاب إلى كتلة المحلول ويُعبّر عنها بنسبة مئوية. تُساوي كتلة المحلول مجموع كتل المذاب والمذيب.

المطويات

أدرج معلومات هذا القسم في مطويتك.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$$

تساوي النسبة المئوية بالكتلة كتلة المذاب مقسومة على كتلة المحلول الكلية ومضروبة في 100.

مثال 1

احسب النسبة المئوية بالكتلة من أجل الحفاظ على التماثل بين تركيز كلوريد الصوديوم (NaCl) وتركيز مياه المحيط، يجب أن يحتوي حوض الأسماك على 3.6 g NaCl لكل 100.0 g من الماء. ماهي النسبة المئوية بالكتلة ل NaCl في المحلول؟

1 تحليل المسألة

لديك كمية من كلوريد الصوديوم مذابة في 100.0 g من الماء. النسبة المئوية بالكتلة لمحلول ما، هي نسبة كتلة المذاب إلى كتلة المحلول، أي هو مجموع كتل كل من المذاب والمذيب.

معلوم كتلة المذاب = 3.6 g NaCl
مجهول النسبة المئوية بالكتلة = ؟
كتلة المذيب = 100.0 g H₂O

2 حساب المجهول

أوجد كتلة المحلول.

$$\text{كتلة المحلول} = \text{جرامات المذاب} + \text{جرامات المذيب}$$

$$3.6 \text{ g} + 100.0 \text{ g} = 103.6 \text{ g} = \text{كتلة المحلول}$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$$

أذكر المعادلة للنسبة المئوية بالكتلة.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = 3.5\% = \frac{3.6 \text{ g}}{103.6 \text{ g}} \times 100$$

عوض كتلة المذاب = 3.6 g وكتلة المحلول = 103.6 g.

3 تقييم الإجابة

بما أن كتلة كلوريد الصوديوم المذابة في 100.0 g من الماء صغيرة، فإن النسبة المئوية بالكتلة بالتالي تكون صغيرة. لقد تمّت كتابة كتلة كلوريد الصوديوم بعددين معنويين.

تطبيقات

- ما النسبة المئوية بالكتلة لـ NaHCO₃ في محلول يحتوي على 20.0 g من NaHCO₃ مذابة في 600.0 mL من H₂O؟
- لديك 1500.0 g من محلول مبيّض الملابس. النسبة المئوية بالكتلة للمذاب هيوكلوريت الصوديوم (NaOCl) هو 3.62% كم عدد جرامات ال NaOCl الموجودة في المحلول؟
- في السؤال 10، كم عدد جرامات المذيب الموجودة في المحلول؟
- تحدّد تساوي النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الكالسيوم في المحلول 2.65%. ماهي كتلة المحلول إذا تمّ استخدام 50.0 g من كلوريد الكالسيوم؟

النسبة المئوية بالحجم تصف عادةً المحاليل التي يكون فيها المذيب والمذاب في الحالة السائلة. والنسبة المئوية بالحجم هي نسبة حجم المذاب إلى حجم المحلول ويُعبّر عنها بنسبة مئوية. وحجم المحلول هو مجموع حجم المذاب وحجم المذيب. إنَّ حسابات النسبة المئوية بالحجم تُشبه حسابات النسبة المئوية بالكتلة.

$$\text{النسبة المئوية بالحجم} = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$$

يُعدُّ الديزل الحيوي الموصَّح في الشكل 5 وقوداً بديلاً نظيفاً للإحتراق. مُنتجٌ عن مواردٍ مُتجدِّدة. ويُستعمل في مُحركَات الديزل مع القليل من التَّحسينات أو حتَّى من دونها. والديزل الحيوي سهل الاستعمال وقابلٌ للتَّحلل الحيوي وغير سام ولا يحتوي على بعض الملوثات الموجودة في الجازولين العادي. كما أنَّه لا يحتوي على الكُفط، ولكن يُمكنُ مزجُه مع الديزل التَّقطي لتكوين الديزل الحيوي الممزوج. يتكوَّن 20% B20 من الحجم من ديزل حيوي و 80% من الحجم من ديزل التَّقطي.

التأكد من فهم النصِّ قارن بين النسبة المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم.



الشكل 5 يتكوَّن B20 حجمه من 20% من ديزل حيوي و 80% من حجمه من ديزل تقطفي الديزل الحيوي هو وقودٌ بديل يُمكنُ إنتاجُه انطلاقاً من مواردٍ مُتجدِّدة مثل الرِّبث الثَّباتي.

تطبيقات

13. ما النسبة المئوية بالحجم للإيثانول في محلولٍ يحتوي على 35 mL من الإيثانول المذاب في 155 mL من الماء؟
14. ما النسبة المئوية بالحجم للتحول أيزوبروبانول في محلولٍ يحتوي على 24 mL من كحول الأيزوبروبانول مُذابة في 1.1 L من الماء؟
15. تحبب إذا استعملنا 18 mL من الميثانول لإعداد محلولٍ سائلٍ تركيزه 15% بالحجم، فما هو حجم المحلول الناتج بالليتر؟

المولارية إنَّ النسبة المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم ليسا إلا طريقتين من الطُّرق الشائعة للتعبير الكمي عن تركيز المحاليل. وتُعبَّر المولارية من أكثر الوحدات شيوعاً لقياس تركيز المحلول. **المولارية (M)** هي عددٌ مولات المذاب الدَّائبة في لترٍ من المحلول. تُعرَّف المولارية أيضاً بالتركيز المولاري وتُقرأ الوحدة M. مولار. فليترٍ من محلولٍ يحتوي على 1 mol من المذاب هو محلول 1M، وتُقرأ محلول 1مولار. ويسمى لترٌ من محلولٍ يحتوي على 0.1 mol من المذاب بمحلول 0.1 M. ولحساب مولارية المحلول، يجب معرفة حجم المحلول بالليتر وعدد مولات المذاب.

$$\text{المولارية (M)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول بالليتر}}$$

التأكد من فهم النصِّ حدّد ما التَّركيز المولاري للتر من المحلول يحتوي على 0.5 mol من المذاب؟

حساب المولارية يحتوي 100.5 mL من محلول حقن الوريد على 5.10 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$). ما مولارية هذا المحلول؟ الكتلة المولية للجلوكوز هي 180.16 g/mol

1 تحليل المسألة

لديك كتلة الجلوكوز الدائية في حجم من الماء. مولارية المحلول هي نسبة عدد مولات المذاب لكل لتر من المحلول.

المعلوم:

كتلة المذاب = 5.10 g $C_6H_{12}O_6$
 الكتلة المولية ل $C_6H_{12}O_6$ = 180.16 g/mol
 حجم المحلول = 100.5 mL

المجهول:

تركيز المحلول = M ؟

2 حساب المجهول

احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$.

$$(5.10 \text{ g } C_6H_{12}O_6) \left(\frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.16 \text{ g } C_6H_{12}O_6} \right)$$

$$= 0.0283 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

حوّل حجم المحلول إلى اللتر.

$$(100.5 \text{ mL}) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) = 0.1005 \text{ L}$$

حل لحساب المولارية.

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$$

$$M = \left(\frac{0.0283 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{0.1005 \text{ L المحلول}} \right)$$

$$0.282M = M$$

3 تقييم الإجابة

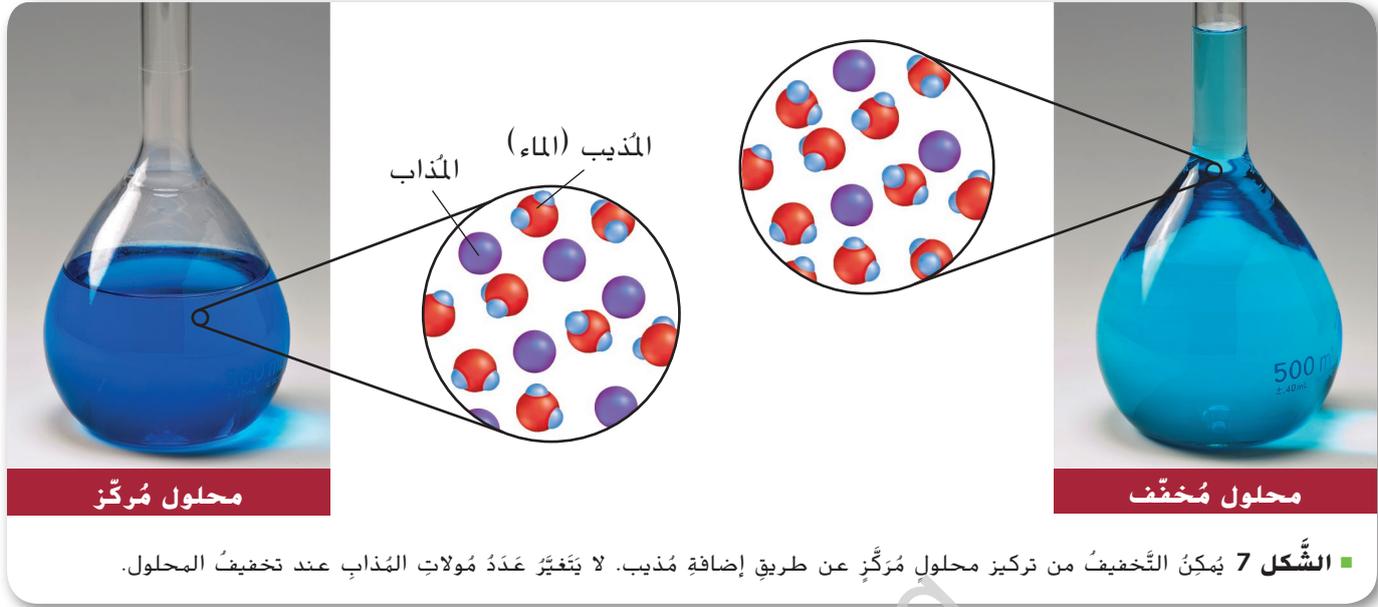
ستكون قيمة المولارية قليلة لأن كتلة الجلوكوز الدائية في المحلول صغيرة. تحتوي كتلة الجلوكوز المستعملة في المسألة ثلاثة أرقام معنوية، بالتالي تحتوي قيمة المولارية كذلك على ثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

16. ما مولارية محلول سائل يحتوي على 40.0 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) في 1.5 L من المحلول؟
17. احسب مولارية محلول حجمه 1.60 L مذاب فيه 1.55 g من KBr
18. ما مولارية مبيض ملابس يحتوي على 9.5 g من NaOCl في كل لتر من المبيض؟
19. تحدي كم جراماً من هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) يلزم لتحضير محلول حجمه 1.5 L وتركيزه 0.25M؟

مهن في الكيمياء

فنيو الصيدلة يعتيد أغلب الصيادلة على فنيي الصيدلة لتحضير الأدوية المناسبة للوصفات الطبية. يقرأ هؤلاء الفنيون تحاليل المرضى والوصفات الطبية من أجل تحضير التركيز المناسب أو الجرعة المناسبة للدواء الذي سيقدّم للمرضى.



الشكل 7 يُمكنُ التَّخْفِيفُ من تركيز محلول مُرَكَّزٍ عن طريق إضافة مُذيب. لا يَتَغَيَّرُ عَدَدُ مَوَلَاتِ المُذَابِ عند تخفيف المحلول.

تخفيف المحاليل المولارية قد نستخدم في المختبر محاليل مُرَكَّزة ذات مَوَلارية مُحدَّدة تُسمَّى المحاليل القياسية. على سبيل المثال، محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي هو 12M. تذكَّر أنَّ المحاليل المُرَكَّزة تحتوي على كميَّة كبيرة من المذاب. يُمكنك تحضير محلول أقل تركيزًا عن طريق تخفيف المحلول القياسي وذلك عبر الزيادة من كميَّة المذيب. فعندما تُضيف المذيب، تزيد عدد جسيماته التي تتحرك فيها جزيئات المذاب، كما هو مُوضَّح في الشكل 7 وبالتالي يقلُّ تركيز المحلول.

كيف يُمكنك تحديد حجم المحلول القياسي الذي عليك تخفيفه؟ يُمكنك إعادة ترتيب تعبير المولارية كي تجد عدد مولات المذاب.

$$\text{المولارية } (M) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$$

$$\text{عدد مولات المذاب} = \text{المولارية} \times \text{حجم المحلول باللتر}$$

ولأنَّ عدد المولات الإجمالي للمذاب لا يتغيَّر بالتخفيف،

فإنَّ عدد مولات المذاب في المحلول القياسي = عدد مولات المذاب بعد التخفيف.

و بتعويض عدد مولات المذاب بالمولارية مضروبة في حجم المحلول باللتر، يُمكنُ التعبير عن هذه العلاقة في معادلة التخفيف.

معادلة التخفيف

M تمثِّل المولارية.
 V تمثِّل الحجم.

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

M_1 و V_1 يمثِّلان مولارية وحجم المحلول القياسي، و M_2 و V_2 يمثِّلان مولارية وحجم المحلول المُخَفَّف. يحتوي المحلول المُرَكَّز قبل التخفيف على نسبة عالية من جسيمات المذاب مقارنةً بجسيمات المذيب. وتقلُّ نسبة جسيمات المذاب مقارنةً بجسيمات المذيب بعد إضافة كميَّة أخرى من المذيب.

المُفردات مُفردات علميَّة

مُرَكَّز

غير مُخَفَّف
أضفنا ماءً أكثر إلى عصير الليمون
لأنَّهُ كان مُرَكَّزًا جدًّا.

مثال 3

تخفيف المحاليل القياسية إذا كنت تعرف حجم وتركيز المحلول المطلوب تحضيره، يمكنك حساب حجم المحلول القياسي الذي تحتاج إليه. ما الحجم اللازم بالملترات من المحلول القياسي لكوريد الكالسيوم (CaCl_2) تركيزه 2.00 M لتحضير محلول كلوريد الكالسيوم حجمه 0.50 L وتركيزه 0.300 M ؟

1 تحليل المسألة

لديك مولارية المحلول القياسي من CaCl_2 وحجم ومولارية محلول مُخفَّف من CaCl_2 . استخدِم العلاقة بين المولارية والحجم لإيجاد حجم المحلول القياسي المطلوب بالتر. ثمَّ حوِّله إلى المِلتر.

معلوم	مجهول
$M_1 = 2.00\text{ M CaCl}_2$	$V_1 = ?\text{ mL } 2.00\text{ M CaCl}_2$
$M_2 = 0.300\text{ M}$	
$V_2 = 0.50\text{ L}$	

2 حساب المجهول

ابحث في العلاقة بين المولارية والحجم لإيجاد حجم المحلول القياسي V_1 .

اكتب مُعادلة التَّخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

ابحث عن حلٍّ لإيجاد V_1 .

$$V_1 = V_2 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)$$

عوض $M_1 = 2.00\text{ M}$, $M_2 = 0.300\text{ M}$, و $V_2 = 0.50\text{ L}$

$$V_1 = (0.50\text{ L}) \left(\frac{0.300\text{ M}}{2.00\text{ M}} \right)$$

اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

$$V_1 = (0.50\text{ L}) \left(\frac{0.300\text{ M}}{2.00\text{ M}} \right) = 0.075\text{ L}$$

حوِّل إلى المِلتر مُستخدِمًا معامِل التَّحوِيل $1000\text{ mL}/1\text{ L}$.

$$V_1 = (0.075\text{ L}) \left(\frac{1000\text{ mL}}{1\text{ L}} \right) = 75\text{ mL}$$

للقيام بالتَّخفيف، قس 75 mL من المحلول القياسي، ثمَّ خفِّفه بِكميَّة ماءٍ كافية للحصول على الحجم التَّوَالِي 0.50 L .

3 تقييم الإجابة

لقد تمَّ حساب الحجم V_1 ثمَّ تحويله إلى المِلترات. يجبُ على هذا الحجم أن يكون أقلَّ من الحجم التَّوَالِي للمحلول المُخفَّف، وهو من معطيات المسألة. كان ل V_2 أقلَّ عدد من الأرقام المَعنويَّة، أي رقمين. وبالتالي على الحجم V_1 كذلك أن يكون له رقمين مَعنويَّين مثلًا وجدنا.

تطبيقات

24. ما حجم المحلول القياسي 3.00 M KI اللازم لإعداد محلول حجمه 0.300 L وتركيزه 1.25 M KI ؟
25. ما حجم المحلول القياسي $5.0\text{ M H}_2\text{SO}_4$ اللازم لتحضير 100.0 mL من $0.25\text{ M H}_2\text{SO}_4$ ؟
26. تَحَدُّ إذا تمَّ تخفيف محلول قياسي من HCl حجمه 0.50 L وتركيزه 5.00 M ليُصيخ حجمه 2.0 L . فما هي كتلة HCl الموجودة في المحلول بالجرامات؟

المولالية يتغير حجم المحلول عند تغير درجة الحرارة؛ إذ يتمدد أو يتقلص. يؤثر هذا التغير في الحجم في مولارية المحلول. لا تتأثر كتل المواد في المحلول مع ذلك بدرجات الحرارة. لذا من المفيد أحياناً وصف المحاليل بعدد مولات المذاب الموجودة في كتلة معينة من المذيب. يُسمى مثل هذا الوصف **المولالية** - نسبة عدد مولات المذاب الموجودة في 1 kg من المذيب. تُقرأ الوحدة m مولالية. ويُسمى تركيز المحلول الذي يحتوي على 1 mol من المذاب لكل 1 kg من المذيب، مولالي (1 m).

$$\text{المولالية (m)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

مثال 4

حساب المولالية يقوم أحد الطلاب في المختبر بإضافة 4.5 g من كلوريد الصوديوم (NaCl) إلى 100.0 g من الماء. احسب مولالية المحلول.

1 حل المسألة

لديك كتلة المذيب والمذاب. حدّد عدد مولات المذاب. ثم بإمكانك حساب المولالية.

معلوم كتلة الماء (H₂O) = 100.0 g
مجهول كتلة كلوريد الصوديوم (NaCl) = 4.5 g
 $m = ? \text{ mol/kg}$

2 حساب المجهول

احسب عدد مولات المذاب. $4.5 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.44 \text{ g NaCl}} = 0.077 \text{ mol NaCl}$

حوّل كتلة H₂O من الجرامات إلى الكيلوجرامات مُستعملًا 1 kg/1000 g. $100.0 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}$

عوّض القيم المعلومّة بالتعبير عن المولالية وحل المسألة.

أكتب معادلة المولالية. $m = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{المذيب بالكيلوجرامات}}$

عوّض عدد مولات المذاب = 0.077 mol NaCl،
 كتلة المذيب = 0.1000 kg H₂O. $m = \frac{0.077 \text{ mol NaCl}}{0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0.77 \text{ mol/kg}$

3 تقييم الإجابة

بما أنّه كان هناك أقلّ من عُشر مول من المذاب في عُشر كيلوجرام من الماء، ستكون المولالية أقلّ من واحد، وذلك ما تحصّلنا عليه. لقد تمّ التعبير عن كتلة كلوريد الصوديوم برقمين معنويين اثنين، بالتالي، فإنّ المولالية أيضًا يُعبّر عنها برقمين معنويين اثنين.

تطبيقات

27. ما مولالية محلول يحتوي على 10.0 g من Na₂SO₄ ذائبة في 1000.0 g من الماء؟

28. تحدّد ما كتلة (Ba(OH)₂) اللازمة، لتحضير محلول سائل تركيزه 1.00 m؟

الكسر المولي إذا عرفت عدد مولات المذاب والمذيب، يُمكنك كذلك التعبير عن تركيز المحلول بما يُعرف **بالكسر المولي**، وهو نسبة عدد مولات المذاب أو المذيب في المحلول مقارنةً بعدد المولات الإجمالي للمذاب والمذيب، مثلما هو موضح في الشكل 8.

يُستخدم الرمز X عادةً للكسر المولي مع كتابة رمز تحتها للإشارة إلى المذيب أو المذاب. ويُمكن التعبير عن الكسر المولي للمذاب (X_A) والكسر المولي للمذاب (X_B) كالتالي.

X_A و X_B يُمثَلان الكسر المولي لكل مادة.
 n_A و n_B يُمثَلان عدد المولات لكل مادة.

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

يساوي الكسر المولي عدد مولات المذاب أو المذيب في المحلول مقسومًا على العدد الإجمالي لمولات المذاب والمذيب.

فَعَلَى سَبِيلِ المِثَالِ، افترض أنّ محلول حمض الهيدروكلوريك يَحْتَوِي عَلَى 36 g من HCl و 64 g من H₂O. لِتَحْوِيلِ هَذِهِ الكِتْلِ إِلَى مَوْلَاتٍ عَلَيْكَ اسْتِعْمَالِ الكِتْلِ المُولِيَّةِ كَمَعَامِلٍ تَحْوِيلٍ.

$$n_{\text{HCl}} = 36 \text{ g HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}} = 0.99 \text{ mol HCl}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 64 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.0 \text{ g H}_2\text{O}} = 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}$$

يُمْكِنُ التَّعْبِيرُ عَنِ الكُسُورِ المُولِيَّةِ لـ HCl وللماء كالتالي.

$$X_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.99 \text{ mol HCl}}{0.99 \text{ mol HCl} + 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.22$$

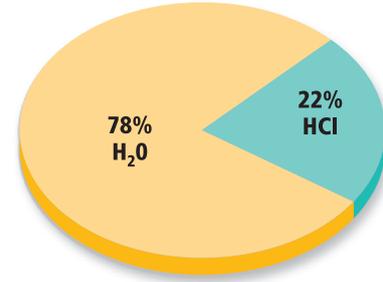
$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3.6 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.99 \text{ mol HCl} + 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.78$$

تطبيقات

29. ما الكسر المولي لـ NaOH في محلول سائل يحتوي على 22.8% من NaOH بالكتلة؟

30. تحدّد إذا كان الكسر المولي لـ حمض الكبريتيك (H₂SO₄) في محلول سائل هو 0.325، فما هي النسبة المئوية بالكتلة لـ H₂SO₄؟

حمض هيدروكلوريك في محلول مائي



$$X_{\text{HCl}} + X_{\text{H}_2\text{O}} = 1.00$$

$$0.22 + 0.78 = 1.00$$

■ **الشكل 8** يُشير الكسر المولي إلى عدد مولات المذاب والمذيب بالنسبة إلى عدد المولات الإجمالي في المحلول. ويُمكن التّطوّر إلى الكسر المولي على أنّه نسبة مئوية، فعلى سبيل المثال، الكسر المولي للماء ($X_{\text{H}_2\text{O}}$) هو 0.78، أي أنّه يَكُونُ النّوَلُ أيضًا أنّ المحلول يحتوي على 78% من الماء. (استنادًا إلى المول).

القسم 2 مُراجعة

ملخص القسم

- يُقاس التركيز كذا ونوعًا.
- المولارية هي عدد مولات المذاب في كل لتر من المحلول.
- المولالية: نسبة عدد مولات المذاب في 1 kg من المذيب.
- لا يتغيّر عدد مولات المذاب خلال التّخفيف.

31. الفكرة الرئيسية قارن وقابل بين خمس طرقٍ للتعبير عن تركيز المحاليل كميًا.
32. وضح أوجه التشابه وأوجه الاختلاف بين 1M من محلول NaOH و 1m من محلول NaOH.
33. احسب تحتوي علبة خساء الدجاج على 450 mg من كلوريد الصوديوم في 240.0 g من الخساء. ماهي النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الصوديوم في الخساء؟
34. جد كتلة كلوريد الأمونيوم (NH₄Cl)، اللازمه بالجرامات لتحضير محلول مائي حجّته 2.5 L وتركيزه 0.5M؟
35. لخص الخطوات العملية لتحضير محلول مخفّف بحجم معيّن انطلاقًا من محلول قياسي مرّكّز.

العوامل المؤثرة في الذوبان

القسم 3

الفكرة الرئيسية تؤثر بعض العوامل مثل درجة الحرارة والضغط والقطبية في تكون المحلول.

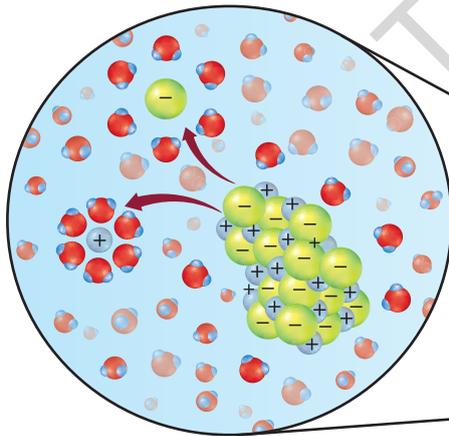
الكيمياء في حياتك
إذا قمت في ما مضى بتحضير حساء من خليط جاف، فقد قمت بإضافة الماء البارد إلى الخليط الجاف ثم حرركته. في البداية، لا تذوب سوى كمية قليلة من المسحوق في الماء البارد. وبعد تسخينه وتحريكه مرّة أخرى تجد أنّ كل المسحوق قد ذاب وأصبح لديك حساء.

عملية الإذابة

لماذا تذوب بعض المواد في بعضها البعض على عكس المواد الأخرى؟ لكي يتكوّن المحلول، يجب على جسيمات المذاب أن تنفصل عن بعضها البعض ويجب أن تُمزج جسيمات المذاب مع جسيمات المذيب. تذكر أنّ قوى التجاذب موجودة بين جسيمات كل المواد. فهي موجودة بين جسيمات المذاب التّيّة وبين جسيمات المذيب التّيّة وكذلك بين جسيمات المذاب والمذيب. فعند وضع مذاب صلب في مذيب، تُحيط جسيمات المذيب بسطح المذاب الصلب تماماً. فإذا كانت قوى التجاذب بين جسيمات المذيب والمذاب أكبر من قوى التجاذب التي تُبقي على جسيمات المذاب متماسكة فسوف تفصل جسيمات المذاب عن بعضها البعض وتُحيط بها. ثم تتعدّد جسيمات المذاب المُحاطة بجسيمات المذيب عن المذاب الصلب وتنتج نحو المحلول.

وتُسمّى عملية إحاطة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب **الذوبان**، مثلما هو موضح في الشكل 9. تُسمّى الذوبان في الماء الإماهة. "الشبيه يذيب الشبيه" هي القاعدة العامّة المُستخدمة لتحديد ما إذا كانت عملية الذوبان تحدث في مذيب معين. ولتحديد ما إذا كان المذيب والمذاب مُتماثلين، يجب دراسة روابط وقطبية الجسيمات والقوى البين جزيئية بينها.

■ الشكل 9 يبدأ الملح في الانفصال عندما يوضع في الماء. إذ تُسحب جسيمات المذاب من المادة الصلبة وتُحاط بجسيمات المذيب.



الأسئلة الرئيسية

- كيف تؤثر القوى البين جزيئية في عملية الإذابة؟
- ما الذائبية؟
- أيّ العوامل تؤثر في الذوبان؟

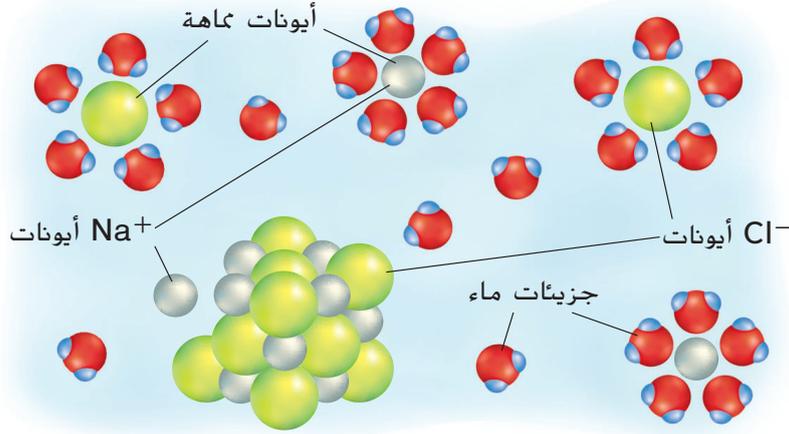
مُفردات المُراجعة

طارد للحرارة **exothermic**: تفاعل كيميائي يُطلق طاقةً أكثر ممّا يحتاج لكسر روابط المواد المتفاعلة الأولية.

المفردات الجديدة

solvation	الإذابة
heat of solution	حرارة المحلول
unsaturated solution	محلول غير مشبع
saturated solution	محلول مشبع
supersaturated	محلول فوق المشبع
henry's law	قانون هنري

عملية ذوبان NaCl



■ **الشكل 10** يذوب كلوريد الصوديوم في الماء عندما تُحيط جسيمات الماء بأيونات الصوديوم والكلوريد. لاحظ كيف تُوجّه جسيمات الماء القطبية نفسها حول الأيونات الموجبة والأيونات السالبة بطريقة مُختلفة.

المحاليل السائلة للمركبات الأيونية تذكر أنّ جسيمات الماء هي جسيمات فُطبية في حركة مستمرة، حسب نظرية الحركة الجزيئية. فعند وضع بلورة من مركب أيوني مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) في الماء، تصطدم جسيمات الماء بسطح البلورة. وعندها تجذب أطراف جسيمات الماء المشحونة أيونات الصوديوم الموجبة وأيونات الكلوريد السالبة. وهذا التجاذب بين ثنائيات الأقطاب والأيونات أكثر من التجاذب بين الأيونات في البلورة. لذلك تبتعد الأيونات عن سطح البلورة. تُحيط جسيمات الماء بالأيونات، فتتنقل الأيونات المُذابة نحو المحلول، كما هو موضح في **الشكل 10**، مُعرضةً أيونات أكثر على سطح البلورة للذوبان. وهكذا تستمر عملية الذوبان حتى تذوب البلورة كلها.

ليست كل المواد الأيونية قابلة للإذابة عن طريق جسيمات الماء. فالجبس مثلاً لا يذوب في الماء لأن قوة التجاذب بين أيونات الجبس قوية جداً بحيث لا تستطيع قوة التجاذب بين جسيمات الماء وأيونات الجبس التغلب عليها. كما هو موضح في **الشكل 11**، فقد ساهمت اكتشافات محاليل ومخاليط معينة منها الجبيرة الطبية المصنوعة من الجبس في تطوير الكثير من المنتجات والعمليات.

■ الشكل 11 إنجازات مهمة في كيمياء المحاليل

لقد ساهم العلماء العاملين في مجال المحاليل في تطوير مُنتجات وعمليات في مجالات مثل التقنية الطبية وتحضير الطعام وحفظه والصحة العامة والسلامة.

1916 طوّر الأطباء محلول جلسرين يسمّى بتخزين الدم عدّة أسابيع بعد سحبه لإجل عمليات نقل الدم.



1883 أول نجاح لجهاز طرد مركزي يستعمل القوة المُتولدة عن الدوران السريع لفصل مكونات المخلوّط.

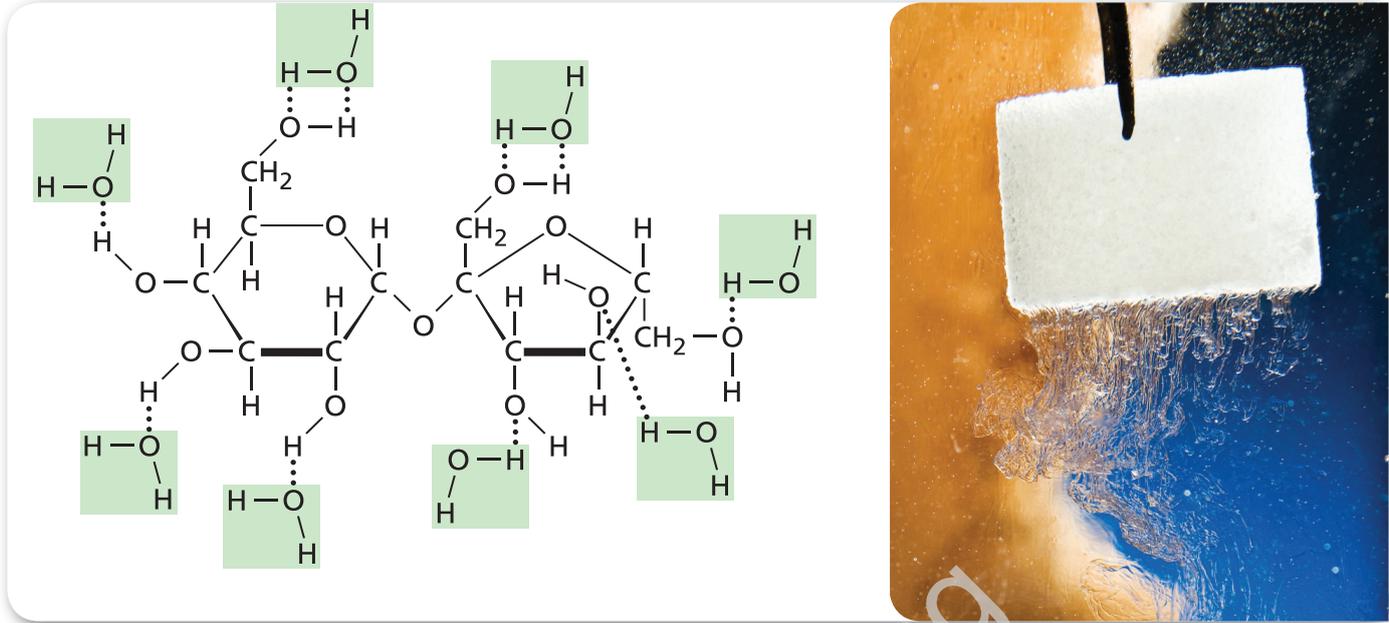
1910

1890

1870

1899 سُجّلت حديثاً براءة اختراع لتقنية تُستخدم للتقليل من حجم حبيبات الدهن الذائبة في الحليب لمنع تكوّن طبقة زبد وهي عملية تُسمى التجانس.

1866 كان اختراع السلولويد، وهو عبارة عن محلول من الكافور والسليولوز، إشارةً إلى بدايات صناعة اللدائن.



■ **الشكل 12** تحتوي جسيمات السكر على ثمانية روابط O-H قطبية. وتكون جسيمات الماء روابط هيدروجينية مع روابط O-H مما يسحب السكر داخل المحلول.

المحاليل السائلة للمركبات الجزيئية يُعد الماء أيضًا مذيبًا جيدًا للعديد من المركبات الجزيئية. فسُكر المائدة هو عبارة عن المركب الجزيئي للسكر. وكما هو موضح في **الشكل 12**، فجسيمات السكر قطبية وتحتوي على عدة روابط O-H. وبمجرد ملامسة بلورات السكر الماء، تصدم جسيمات الماء بالسطح الخارجي للبلورات. وتُصبح كل رابطة O-H في السكر موقعا لتكوين روابط هيدروجينية مع الماء. فتتغلب قوى التجاذب بين جسيمات الماء القطبية وجسيمات السكر القطبية على قوى التجاذب بين جسيمات السكر. فتترك جسيمات السكر البلورة، وتصبح ذائبة في الماء. الزيت هو مادة تتكون أساسًا من الكربون والهيدروجين. ولا يكون محلولًا مع الماء. وذلك لأن قوى التجاذب بين جسيمات الماء القطبية وجسيمات الزيت غير القطبية ضعيفة. غير أن الزيت المنسكب يمكن تنظيفه بمذيب غير قطبي لأن المذاب غير القطبي يذوب بسهولة أكبر في المذيبات غير القطبية.

2003 طوّر العلماء عينات كيميائية تُزيل الفلزات السامة وتُطهروا وتمتلل مسببات الأمراض في مياه الشرب. كما يُمكن أن تُوزع على الناجين من الكوارث الطبيعية.

1964 اكتشفت ستيفاني كوالك أليافًا اصطناعية مُكوّنة من بلورات سائلة في محلول وهي أكثر صلابة من الفولاذ وأخف من الألياف الزجاجية.

2010

1990

1970

1950

2012 يُشير عمل أولي أن خلية البكتيريا GFAJ-1 يمكن أن تستخدم الزنك عوضًا عن الفوسفور في الجسيمات الحيوية. ومع ذلك، أظهرت أبحاث أخرى أنه رغم استخدام خلية البكتيريا للزنك، فإنها تمتص الفوسفور من المحلول لبناء هذه الجسيمات.

1980 تم تطوير لوحًا من الجبس ليكون نظامًا مانعًا للتلوث، يفصل بين المنزل ووحدات التحكم.

1943 أول كلية اصطناعية تُخلص الجسم من السموم الذائبة في دم المريض.

حرارة المحلول يجب على جسيمات المذاب خلال عملية الإذابة أن تنفصل عن بعضها البعض. كما يجب على جسيمات المذيب كذلك أن تتباعد لتسمح لجسيمات المذاب بالدخول بينها. والطاقة ضرورية للتغلب على قوى التجاذب بين جسيمات المذاب وجسيمات المذيب، بالتالي، فإن كلتا الحطوتين ماصتان للحرارة. فعند خلط جسيمات المذيب مع جسيمات المذاب، تتجاذب جسيماتهما وتتبعث الطاقة.. تُعدُّ هذه الخطوة في عملية الإذابة طاردة للطاقة. ويسمى التغير الكلي للطاقة الذي يحدث خلال عملية تكوّن المحلول **حرارة المحلول**.

وكما لاحظت في التجربة الاستهلاكية في بداية هذه الوحدة، فإن بعض المحاليل تُنتج الطاقة أثناء تكوّناتها. بينما يمتص بعضها الآخر الطاقة خلال تكوّنه. فعلى سبيل المثال، بعد ذوبان نترات الأمونيوم في وعاء يحوي ماء، يُصبح الوعاء بارداً. وفي المقابل، بعد ذوبان كلوريد الكالسيوم في وعاء يحوي ماء، يُصبح الوعاء ساخناً.

■ **التأكد من فهم النصّ اشرح** لماذا تمتص بعض المحاليل الطاقة أثناء تكوّنها بينما يُنتج بعضها الآخر الطاقة أثناء تكوّنه.

العوامل المؤثرة في الإذابة

تحدث الإذابة فقط عندما تتصل جسيمات المذاب والمذيب بعضها البعض. هنالك ثلاث طرق شائعة موصّحة في **الشكل 13** لزيادة التصادمات بين جسيمات المذاب وجسيمات المذيب مما يزيد من سرعة إذابة المذاب وهي: التحريك وزيادة مساحة سطح المذاب ورفع درجة حرارة المذيب.

التحريك يعمل تحريك المحلول أو هزّه على إبعاد جسيمات المذاب الذائبة عن سطح الاتصال بسرعة أكبر، وبذلك يسمح بحدوث تصادمات أخرى بين جسيمات المذاب وجسيمات المذيب، فإن دون تحريك المحلول، تتحرك الجسيمات الذائبة بعيداً عن مناطق الاتصال.

مساحة السطح إنّ تكسير المذاب إلى قطع صغيرة يزيد من مساحة سطحه. تسمح الزيادة في مساحة السطح بالزيادة في عدد التصادمات. لهذا السبب فإنّ ذوبان ملعقة صغيرة من السكر المطحون يكون أسرع من ذوبان نفس الكمية من السكر الذي يكون في شكل مكعبات.

الحرارة تتأثر سرعة الذوبان بدرجة الحرارة. يذوب السكر مثلاً في الشاي الساخن مثلما هو موصّح في **الشكل 13** بسرعة أكبر من ذوبانه في الشاي المثلج. بالإضافة إلى ذلك، تستطيع المذيبات الساخنة إذابة كمية أكبر من المذاب الصلب. يستوعب الشاي الساخن سكرًا ذائبًا أكثر من الشاي المثلج. تسلك أغلب المواد الصلبة نفس سلوك السكر عند الذوبان.

فمع الزيادة في درجة الحرارة، ترتفع كذلك نسبة الذوبان. ولكن ذوبان بعض المواد الأخرى، مثل الغازات، يقلُّ بزيادة درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال، تفقد المشروبات الغازية صوت الفوران (ثاني أكسيد الكربون) بشكل أسرع عند درجة حرارة الغرفة ممّا لو كانت باردة.



مكعب من السكر

يذوب مكعب السكر في الشاي المثلج ببطء، لكن تحريكه سيجعله يذوب بسرعة أكبر.



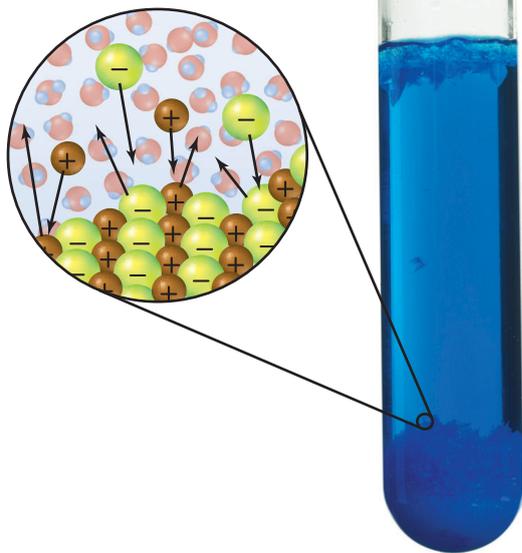
يذوب السكر المطحون في الشاي المثلج بسرعة أكبر من مكعب السكر. كما سيساهم التحريك في إذابة السكر المطحون بشكل أسرع.



يذوب السكر المطحون في الشاي الساخن بسرعة كبيرة.

■ **الشكل 13** يؤثر كلٌّ من التحريك ومساحة السطح ودرجة الحرارة في سرعة الذوبان.

الدَّائِبِيَّة



■ **الشكل 14** تُساوي سرعة الدَّوبان في محلول مُشبع سرعة التَّبَلُّور. كميَّة المُذابِ الدَّائِبِيَّة لا تتغيَّر.

مثلما يُمكن فهمُ عمليَّة الدَّوبان على مُستوى الجُسيمات، يُمكن كذلك فهم الدَّائِبِيَّة على مُستوى الجُسيمات. تعتمدُ الدَّائِبِيَّة المُذاب على طبيعة كُلِّ من المُذاب والمُذيب. فعند إضافة المُذاب إلى المُذيب، تصادمُ جُسيمات المُذيب مع جُسيمات سطح المُذاب؛ وتبدأ جُسيمات المُذاب في الاختلاط عشوائياً في جُسيمات المُذيب. في البداية، تتحرَّكُ جُسيمات المُذاب بعيداً عن البلُّورة. إلا أنَّه مع زيادة عدد الجُسيمات الدَّائِبِيَّة، يتسبَّب نفْسُ الاختلاط العشوائي في تصادمات مُتتالية ومُتزايدة بين جُسيمات المُذاب الدَّائِبِيَّة وبقية البلُّورة. تلتصقُ بعض جُسيمات المُذاب المُتصادمة بسطح البلُّورة أو تتبلُّور مثلما هو موضحُ في **الشكل 14**. ومع استمرار عمليَّة الدَّوبان، تزدادُ سرعة التَّبَلُّور، بينما تبقى سرعة الدَّوبان ثابتة. طالما تبقى سرعة الدَّوبان أعلى من سرعة التَّبَلُّور، فإنَّ النتيجة هي الاستمراريَّة في عمليَّة الدَّوبان.

واعتماداً على كميَّة المُذاب الموجودة، قد تتساوى سرعة الدَّوبان وسرعة التَّبَلُّور في نهاية المطاف. وعند هذه النُقطة، لا يذوبُ المزيد من المُذاب ويُصبحُ هنالك اتزان دينايميكي بين التَّبَلُّور والدَّوبان (طالما بقيت درجة الحرارة ثابتة).

المحاليل غير المُشبعة يحتوي المحلول غير المُشبع

على كميَّة مُذاب أقلَّ من المحلول المُشبع عند درجة حرارة وضغط مُعيَّنين. بعبارة أُخرى، يُمكن إذابة كميَّة أكبر من المُذاب في المحلول غير المُشبع.

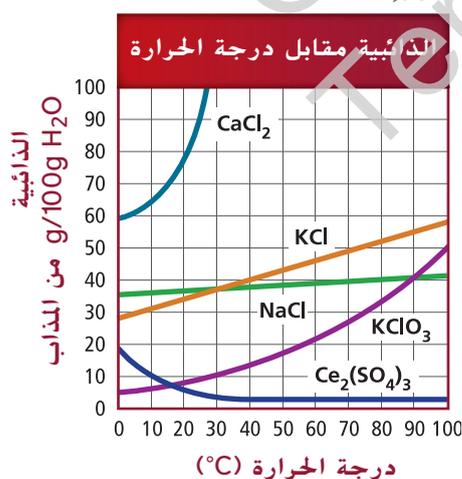
المحاليل المُشبعة رغم استمراريَّة جُسيمات المُذاب في

الدَّوبان والتَّبَلُّور في المحاليل التي تصلُ إلى حالة الاتزان. إلا أنَّ الكميَّة الإجماليَّة للمُذاب الدَّائِبِيَّة في المحلول تبقى ثابتة. يُعرفُ مثل هذا المحلول، الموضحُ في **الشكل 14** بالمحلول المُشبع، وهو يحتوي على أكبر كميَّة من المُذاب ذائِبة في كميَّة مُحدَّدة من المُذيب في درجة حرارة وضغط مُعيَّنين.

درجة الحرارة والمحاليل فوق المُشبعة تتأثَّر الدَّائِبِيَّة

بارتفاع درجة حرارة المُذيب لأنَّ طاقة جُسيماته الحركيَّة تزداد، ممَّا يُنتجُ تصادماتٍ مُتتالية أكثر وتصادمات ذات طاقة أعلى مُقارنةً بالتصادمات التي تحدثُ في درجات حرارة مُنخفضة. يوضِّحُ **الشكل 15**، أنَّ ذائِبِيَّة الكثير من المواد تكونُ أكبر في درجات حرارة أعلى. فمثلاً، ذائِبِيَّة كلوريد الكالسيوم (CaCl_2) تُساوي 64 g CaCl_2 لكلَّ $100 \text{ g H}_2\text{O}$ في درجة حرارة تساوي 10°C . عند زيادة درجة الحرارة إلى ما يُقاربُ 27°C ، تزدادُ الدَّائِبِيَّة تقريباً بنسبة 50% لتُصبح 100 g CaCl_2 لكلَّ $100 \text{ g H}_2\text{O}$. بالنسبة لِدائِبِيَّة المواد الأخرى مثل كبريتات السيريوم، $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ ، فإنَّها تنخفضُ بسرعة في البداية إذا ما ارتفعت درجة الحرارة، لكنَّها بعد ذلك تبقى ثابتة.

■ **الشكل 15** يُبيِّن هذا الرسم البياني ذائِبِيَّة عدَّة مواد في درجات حرارة مُختلفة.



✓ **التأكد من فهم الرسم البياني**
حدِّد ذائِبِيَّة NaCl في درجة حرارة تُساوي 80°C

الجدول 4 ذائبيّة بعض المواد في الماء في درجات حرارةٍ مُختلفة

الذائبيّة* (g/100 g H ₂ O)				الصيغة	المادّة
100°C	60°C	20°C	0°C		
89.0	59.2	36.4	31.2	Al ₂ (SO ₄) ₃	كبريتات الألمنيوم
-	20.94	3.89	1.67	Ba(OH) ₂	هيدروكسيد الباريوم
0.076	0.121	0.173	0.189	Ca(OH) ₂	هيدروكسيد الكالسيوم
-	32.6	34.8	36.1	Li ₂ SO ₄	كبريتات الليثيوم
56.3	45.8	34.2	28.0	KCl	كلوريد البوتاسيوم
39.2	37.1	35.9	35.7	NaCl	كلوريد الصوديوم
733	440	216	122	AgNO ₃	نترات الفضة
487.2	287.3	203.9	179.2	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	السكروز
-	200	680	1130	NH ₃	الأمونيا*
-	0.359	0.878	1.713	CO ₂	ثاني أكسيد الكربون*
-	0.019	0.031	0.048	O ₂	الأكسجين*

* L/1 L H₂O من الغاز في الضغط القياسي (101 kPa)

توضّح البيانات في الجدول 4 كذلك تأثير درجة الحرارة على الذائبيّة. لاحظ في الجدول 4 أن درجة حرارة 20°C تُذيب 203.9 g من السكروز (C₁₂H₂₂O₁₁) في 100 g من الماء. وفي 100°C، يذوب 487.2 g من السكروز في 100 g من الماء. وهذا يعني زيادة قابلية الذوبان بـ 140%.

حقيقة أن الذائبيّة تتغير عند تغير درجة الحرارة وأن بعض المواد تصبح أكثر قابلية للذوبان عند زيادة درجة الحرارة، هي المحتاج الأساسي لتكوّن المحاليل فوق المشبعة. يحتوي **المحلول فوق المشبع** على كمية أكبر من المادّة المذابة مقارنةً بمحلول مشبع في درجة الحرارة نفسها. ولإعداد محلول فوق مشبع، يتمّ تحضير محلول مشبع عند درجة حرارة عالية، ثم تبريده ببطء. إذ يسمح التبريد البطيء للمادّة المذابة الزائدة بأن تبقى مذابة في المحلول في درجة حرارة منخفضة.

المفردات

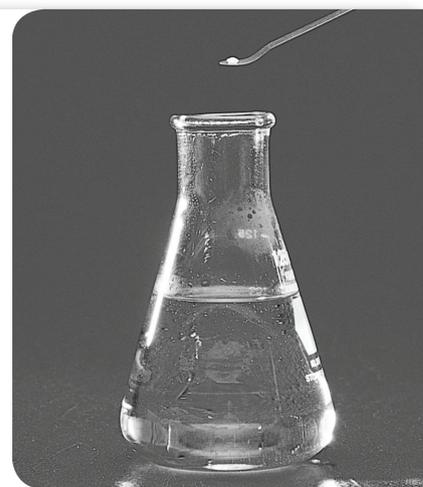
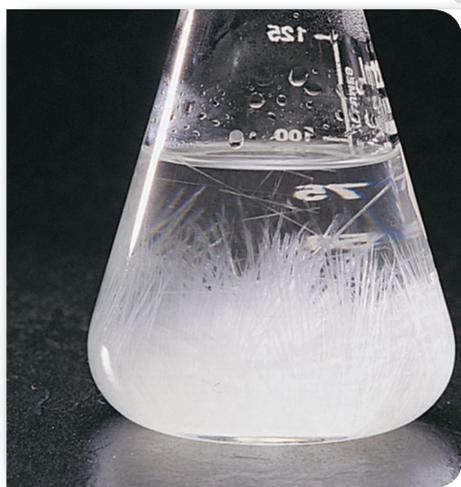
أصل الكلمة

مُشبع Saturated

مُشتقة من الكلمة اللاتينية

saturatus والتي تعني يُشبع

■ الشكل 16 عند إضافة نواة التبلور إلى محلول فوق مشبع فإنّ المادّة الزائدة تتبلور.



■ **الشكل 17** تُعتبر الرواسب المعدنية على حوافّ الينابيع المعدنية الساخنة مثالاً على البلّورات التي تكوّنت من المحاليل فوق المُشبعة.



المحاليل فوق المُشبعة غير ثابتة. فعند إضافة قطعة صغيرة من المُذاب تُسمى نواة التبلور إلى محلول فوق مُشبع، تترسب المادة المُذابة الزائدة بسرعة، كما هو موضح في **الشكل 16**. ويُمكن أن يحدث التبلور كذلك عند خدش الجزء الداخلي من الوعاء أو عند تعرّض المحلول فوق المُشبع إلى صدمة مادية مثل التحريك أو الطرّق على الوعاء. وباستعمال يوديئ الفضة (AgI) كنواة تكاثف في الهواء فوق المُشبع ببخار الماء يُؤدّي إلى تجمّع جسيمات الماء في صورة قطرات قد تساقط على الأرض على هيئة مطر. تُسمى هذه الآلية استمطار السحب. كما يتكوّن سكر التبات والرواسب المعدنية على حوافّ الينابيع المعدنية كالتّي تظهر في **الشكل 17** من محاليل فوق مُشبعة.

ذائبيّة الغازات كما هو موضح في **الجدول 4**، تقلّ ذائبيّة كلّ من غازي

الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون عند درجات الحرارة المرتفعة مقارنةً بدرجة الحرارة المنخفضة. وهذا سلوكٌ متوقّع لجميع الموادّ الغازيّة المُذابة في المُذيبات السائلة. هل تستطيع تفسير السبب؟ تذكر أن الطّاقة الحركيّة لجسيمات الغاز تسمح لها بالإفلات من المحلول بسهولة أكبر عند درجات الحرارة العالية. بالتالي، كلّما ارتفعت درجة حرارة المحلول، قلّت ذائبيّة المُذاب الغازي.

الضّغط وقانون هنري يُؤثّر الضّغط في ذائبيّة الغازات الذائبة في المحاليل. فكّلما ازداد الضّغط الخارجي (الضّغط فوق المحلول)، تزداد ذائبيّة الغاز في أيّ مُذيب. تعتمد المشروبات الغازيّة على هذا المبدأ. تحتوي المشروبات الغازيّة على غاز ثاني أكسيد الكربون المُذاب في محلولٍ سائل. عند تعبئة أو تغليب المشروب، يذاب ثاني أكسيد الكربون في المحلول تحت ضغطٍ أعلى من الضّغط الجويّ. وعند فتح عبوة المشروب الغازي، يقلّ ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون في المساحة التي فوق السائل. ونتيجةً لذلك، تتكوّن فقاعات من غاز ثاني أكسيد الكربون في المحلول وتتصاعد إلى السطح وتتطاير. وإن لم تُفلق العبوة، فإنّ هذه العمليّة ستستمرّ إلى أن يفقد المحلول تقريباً كلّ غاز ثاني أكسيد الكربون ويصبح المحلول قليل الضّغط. يُمكن وصف انخفاض ذائبيّة غاز ثاني أكسيد الكربون في المشروب الغازي بعد فتح العبوة انطلاقاً من قانون هنري.

المُعدّات الاستعمال العلميّ مُقابل الاستعمال الشائع الضّغط

الاستعمال العلميّ: القوّة المبدولة على المساحة.

خلال تسرّب غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول، يزداد الضّغط داخل القارورة المُغلقة.

الاستعمال الشائع: الجهد الجسديّ أو الإجهاد الدّهني.

هنالك الكثير من الضّغط للقيام بأداءٍ جيّد في الامتحانات.

ينصُّ **قانون هنري** على أنَّ ذائبية الغاز (S) في سائلٍ ما، تتناسبُ طرديًّا مع ضغط (P) الغاز فوق السائل عند درجة حرارة معيَّنة. فعندما تكون قارورة المشروب الغازي مغلقةً، كما هو موضَّحٌ في الشكل 18 يعملُ الصَّغَطُ الواقع فوق المحلول على إبقاء غاز ثاني أكسيد الكربون في المحلول. ويُمكنُ تمثيلُ هذه العلاقة على النحو التالي.

قانون هنري

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

S تُمثِّلُ الذائبية.
 P تُمثِّلُ الصَّغَطُ.

عند درجة حرارة مُعيَّنة، يبقى ناتجُ ذائبية الغاز وضغطه ثابتين.

غالبًا ما يُستخدمُ قانون هنري لتحديد ذائبية S_2 عند ضغط جديد P_2 حيث يكون P_2 معروف. ويُمكن استخدامُ قواعد الجبر الأساسيّة لحلِّ مُعادلة قانون هنري لإيجاد أيٍّ من المُتغيّرات. ولإيجاد S_2 ، ابدأ باستخدام قانون هنري الأساسي.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

نحصلُ على المُعادلة التالية انطلاقًا من الصَّرب التبادلي.

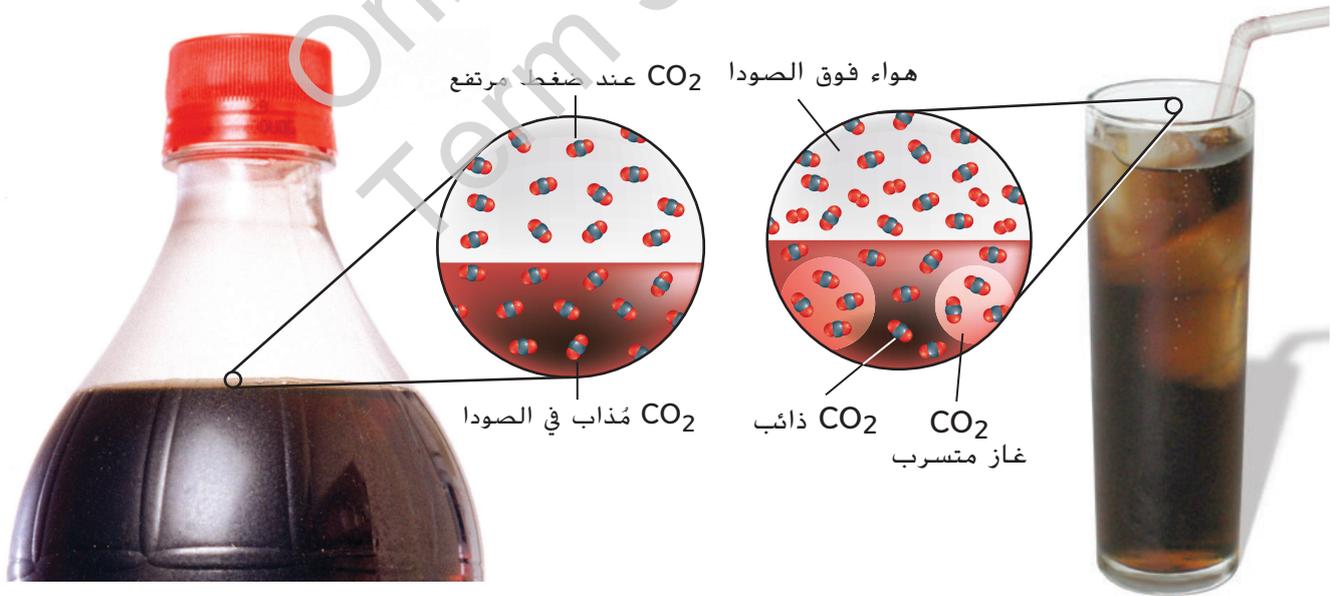
$$S_1 P_2 = P_1 S_2$$

و من خلال قسمة طرفي المُعادلة على P_1 ، نتحصَّلُ على النتيجة المُرجوَّة—لايجاد S_2 .

$$\frac{S_1 P_2}{P_1} = \frac{P_1 S_2}{P_1} \quad S_2 = \frac{S_1 P_2}{P_1}$$

■ **الشكل 18** ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مُذابٌ في الصُّودا. يُوجدُ بعض CO_2 كذلك في الغاز الذي يوجد فوق السائل.

فسِّر لماذا يتصاعدُ ثاني أكسيد الكربون من المحلول عند نزع الغطاء؟



يُحافظُ الصَّغَطُ الموجود فوق السائل في قارورة المشروب الغازي المغلقة على بقاء ثاني أكسيد الكربون الزَّائِد في المحلول.

يقلُّ الصَّغَطُ الموجود فوق السائل عند فتح غطاء القارورة، ممَّا يُقلِّلُ من ذائبية ثاني أكسيد الكربون.

مثال 5

قانون هنري إذا ذاب 0.85 g من الغاز عند ضغطٍ مقداره 4.0 atm في 1.0 L من الماء في درجة حرارةٍ تساوي 25 °C، فما هي كتلة الغاز التي ستذوب في 1.0 L من الماء في ضغطٍ مقداره 1.0 atm وفي درجة الحرارة نفسها؟

1. تحليل المسألة

لديك درجة ذائبية الغاز عند الضَّغط الابتدائي. تظلُّ درجة حرارة الغاز ثابتةً مع تغيُّر الضَّغط. ولأنَّ تقليل الضَّغط يؤدي إلى تقليل ذوبانية الغاز، فإنَّ كتلة أقل من الغاز أن تُذاب عند ضغطٍ أقل.

معلوم	مجهول
$S_1 = 0.85 \text{ g/L}$	$S_2 = ? \text{ g/L}$
$P_1 = 4.0 \text{ atm}$	
$P_2 = 1.0 \text{ atm}$	

2. حساب المجهول

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

$$S_2 = S_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

أكتب قانون هنري.

عدّل قانون هنري لإيجاد S_2 .

عوض $S_1 = 0.85 \text{ g/L}$, $P_1 = 4.0 \text{ atm}$, و $P_2 = 1.0 \text{ atm}$ اضرب واقسم الأعداد والوحدات.

$$S_2 = \left(\frac{0.85 \text{ g}}{1.0 \text{ L}} \right) \left(\frac{1.0 \text{ atm}}{4.0 \text{ atm}} \right) = 0.21 \text{ g/L}$$

3. تقييم الإجابة

لقد قلت الذائبية، كما هو متوقع. فقد قلَّ الضَّغط فوق المحلول من 4.0 atm إلى 1.0 atm، لذلك فإنَّ الذائبية يجب أن تنخفض إلى ربع قيمتها الأصلية. الوحدة g/L هي وحدة الذائبية، وهناك رقمين منويين.

تطبيقات

36. إذا ذاب 0.55 g من الغاز في 1.0 L من الماء عند ضغطٍ مقداره 20.0 kPa، ما الكمية التي ستذوب عند ضغطٍ مقداره 110 kPa؟
37. إنَّ ذائبية غاز ما في ضغطٍ مقداره 10 atm تساوي 0.66 g/L. ما مقدار الضَّغط الواقع على محلولٍ حجِّمه 1.0 L ويحتوي على 1.5 g من الغاز؟
38. تحدِّي عند ضغط 7 atm، تُساوي ذائبية الغاز 0.52 g/L. ما كتلة الغاز بالجرامات التي تذوب في 1.0 L إذا تمَّ زيادة الضَّغط بنسبة 40.0%؟

القسم 3 مراجعة

مُلخِّص القسم

- تتضمَّن عملية الدَّوبان إحاطة جسيمات الدَّباب بجسيمات الدَّبيب.
- تكون المحاليل غير مُشبعة أو مُشبعة أو فوق مُشبعة.
- ينصُّ قانون هنري على أنَّ ذائبية الغاز (S) في سائل ما، تتناسب طرديًا مع ضغط (P) الغاز فوق السائل عند درجة حرارة معيَّنة.

39. الفكرة الرئيسية صفِّ العوامل المؤثرة في تكوُّن المحاليل.

40. عرِّف الذائبية.

41. صفِّ كيف تُؤثر قُوَى التَّجاذب بين الجزيئية في الدَّوبان.

42. فسِّر على مُستوى الجسيمات، لماذا يكون الضَّغط البخاري لمحلول ما أقلَّ من الضَّغط البخاري لمُذيبٍ نقيّ.

43. لخصِّ ما يحدث عند إضافة نواة تبلُّورٍ إلى محلول فوق مشبع، وبمَّ تصفِّ المحلول الناتج؟

44. التَّمثيلات البيانية واستخدامها استخدم المعلومات الموجودة في الجدول 4 لعمل رسمٍ بيانيٍّ لذائبية كبريتات الألمنيوم وكبريتات الليثيوم وكلوريد البوتاسيوم في درجات الحرارة 100°C و 60°C و 20°C و 0°C. أيُّ المواد السابقة تتأثر ذائبيتها أكثر بزيادة درجة الحرارة؟

الخصائص التجميعية للمحاليل

القسم 4

الفكرة الرئيسية تعتمد الخصائص التجميعية على عدد جسيمات المذاب في المحلول.

إذا عشت في منطقة طقسها بارد في الشتاء، فلا بُدَّ أنك لاحظت أن الناس يرشون الملح لإزالة الثلج عن الأرصفة والطرق. كيف يساهم الملح في جعل القيادة في الشتاء أكثر أمناً؟

الكيمياء في حياتك

الإلكتروليات والخصائص التجميعية

تؤثر المواد الذائبة في بعض الخواص الفيزيائية للمذيبات. فقد وجد الباحثون الأوائل أن تأثير المذاب في المذيب يعتمد فقط على عدد جسيمات المذاب الموجودة في المحلول، لا على طبيعة المادة المذابة نفسها. وتسمى الخصائص الفيزيائية للمحاليل التي تتأثر بعدد جسيمات المذاب وليس بطبيعتها، **الخصائص التجميعية**. تعني كلمة تجميعية، بناءً على التجميع. وتتضمن الخصائص التجميعية انخفاض الضغط البخاري وارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمد والضغط الأسموزي.

الإلكتروليات في المحاليل السائلة لقد درست سابقاً أن المركبات الأيونية تسمى إلكتروليات وذلك لأنها تتفكك في الماء لتكوّن محلولاً موصلًا للتيار الكهربائي كما هو موضح في الشكل 19. كما تتأثر بعض المركبات الجزيئية في الماء وهي كذلك إلكتروليات. وتسمى الإلكتروليات التي تنتج أيونات كثيرة في المحلول، إلكتروليات قوية. أما تلك التي لا تنتج سوى عدداً قليلاً من الأيونات في المحلول فتسمى إلكتروليات ضعيفة.

الأسئلة الرئيسية

- ما الخصائص التجميعية؟
- أذكر أربع خصائص تجميعية للمحاليل؟
- كيف يمكن تحديد الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد للمحلول؟

مفردات المراجعة

الأيون ion: ذرة مشحونة كهربائياً.

المفردات الجديدة

خاصية تجميعية

colligative property

الانخفاض في الضغط البخاري

vapor pressure lowering

الارتفاع في درجة الغليان

boiling point elevation

الانخفاض في درجة التجمد

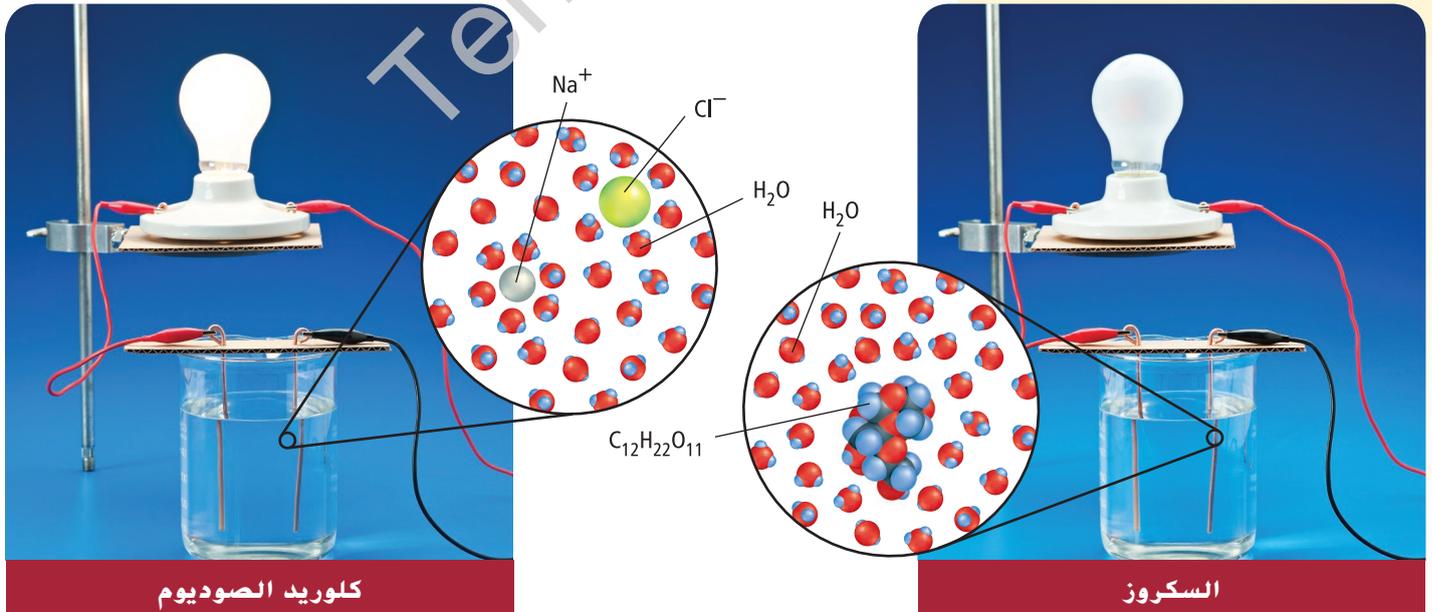
freezing point depression

osmosis الخاصية الأسموزية

الضغط الأسموزي

osmotic pressure

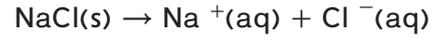
■ في الشكل 19 محلول كلوريد الصوديوم موصل جيد للكهرباء وذلك لأنه محلول إلكتروليتي في حين لا يوصل السكر السكر التيارات الكهربائي لأنه ليس إلكتروليتيًا.



كلوريد الصوديوم

السكر

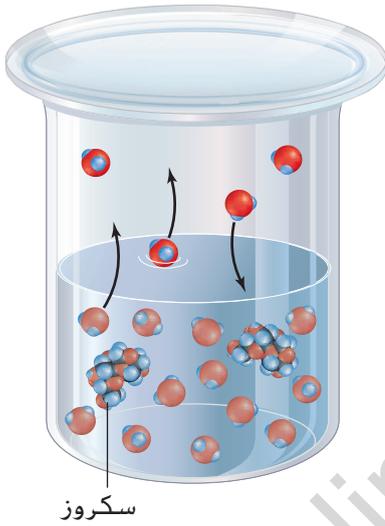
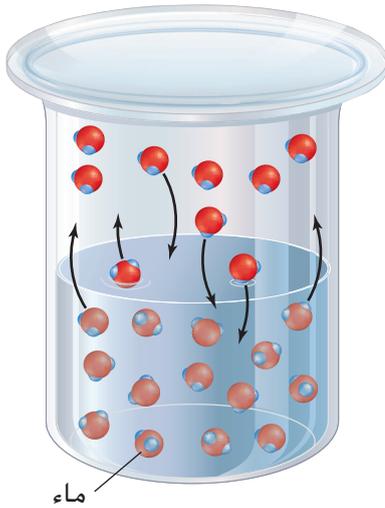
يُعدُّ كلوريد الصُّوديوم إلكتروليتيًا قويًا. حيثُ يتفكَّكُ في المحلول ويُنْتِج أيونات Na^+ و Cl^- .



فإذابة 1 mol من NaCl في 1 kg من الماء لا تُنتج محلولًا تركيزُ أيوناته 1m . بل تُنتج 2 mol من جسيمات المذاب في المحلول. أي 1 mol لكل من أيوني Na^+ و Cl^- .

اللاإلكتروليات في المحلول السائل تذوب الكثير من المركبات الجزيئية في المذيبات، ولكنها لا تتأين. ومثل هذه المحاليل لا توصل التيار الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 19، وتُسمى اللاإلكتروليات. ويُعدُّ السكروز مثالًا من اللاإلكتروليات. حيث يحتوي محلول السكروز الذي تركيزه 1m على 1 mol فقط من جسيمات السكروز.

التأكد من فهم النص استدل أيُّ المركبين له تأثير أكبر في الخصائص التجميعة: كلوريد الصُّوديوم أم السكروز؟



الشكل 20 الضغط البخاري لمذيب نقي أكبر من الضغط البخاري لمحلول غير متطاير.

الانخفاض في الضغط البخاري

لقد تعلمت سابقًا أن الضغط البخاري هو الضغط الذي تُحدثه جسيمات السائل التي تصاعدت من سطح السائل وتحولت إلى الحالة الغازية. تصل جسيمات مُذيبٍ نقيٍّ في وعاءٍ مُغلقٍ وعند درجة حرارة وضغط ثابتين إلى حالة اتزان ديناميكي، حيث تتحوّل من وإلى الحالة السائلة بالسرعة نفسها. تُظهر التجارب أن إضافة مذابٍ غير متطايرٍ (أي مذابٍ له ميل قليل للتحويل إلى غازٍ) إلى مُذيبٍ، يُقلِّل الضغط البخاري للمُذيب. تُخرُجُ الجسيماتُ التي تُحدثُ الضغط البخاري من الحالة السائلة عندما تصاعدُ من سطح السائل. فعندما يكون المُذيب نقيًا كما هو موضح في الشكل 20، تشغلُ جسيماته مساحةَ السطحِ كُلِّها. وعندما يحتوي المُذيب على مذابٍ كما موضح كذلك في الشكل 20، فإنَّ خليطًا من جسيماتِ المذاب والمُذيب يحتلُّ مساحةَ السطح. وبسبب وجود كميةٍ قليلةٍ من جسيمات المُذيب على السطح، يتحوّل القليلُ منها إلى الحالة الغازية، ومن ثم ينخفضُ الضغطُ البخاري. كُلِّما ازداد عددُ جسيماتِ المذاب في المُذيب، قلَّ الضغطُ البخاري الناتج. لذلك فإنَّ **الانخفاض في الضغط البخاري** عائدٌ إلى عددِ جسيماتِ المذاب في المحلول، كما أنّه يُعدُّ من الخصائص التجميعة للمحاليل.

تستطيع توقعُ التأثيرِ النسبي للمُذاب على الضغط البخاري اعتمادًا على كون المذاب إلكتروليتيًا أو لا إلكتروليتي. فمثلًا، يكون التأثيرُ النسبي على الضغط البخاري ل 1 mol لكلِّ من المواد المذابة اللاإلكتروليات كالجلكوز والسكروز والإيثانول هو نفسه. إلا أنه يزدادُ تأثيرُ 1 mol لكلِّ من الإللكتروليات المذابة ومنها كلوريد الصوديوم (NaCl)، وكبريتات الصوديوم (Na_2SO_4)، وكلوريد الألمنيوم (AlCl_3) على الضغط البخاري بسبب تزايدِ أعدادِ الأيونات التي تنتج عن كلِّ منها في المحلول.

الارتفاع في درجة الغليان

لأن المذاب غير المتطاير يُقلل من الضغط البخاري للمذيب، فإنه يُؤثر كذلك في درجة غليان المذيب. تذكر أنّ السائل في الوعاء يغلي عندما يُعادل ضغطه البخاري الضغط الجوي. وعندما ترتفع درجة حرارة المحلول الذي يحتوي على مذاب غير متطاير إلى درجة غليان المذيب النقي، فإنّ ضغط البخار الناتج يبقى أقلّ من الضغط الجوي، وبالتالي لا يغلي المحلول. ولذلك يجب تسخين المحلول إلى أن يصل إلى درجة حرارة أعلى لتزويده بالطاقة الحركية الإضافية اللازمة لرفع ضغطه البخاري إلى ما يُعادل الضغط الجوي. ويُسمّى الفرق بين درجة غليان المحلول ودرجة غليان المذيب النقي، **الارتفاع في درجة الغليان**.

وفي اللإلكتروليتات، تتناسب قيمة ارتفاع درجة الغليان، التي يُرمز لها بـ ΔT_b ، طردياً مع مولالية المحلول.

الارتفاع في درجة الغليان

$$\Delta T_b = K_b m$$

إنّ فرق درجة الحرارة يساوي ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي مضروباً في مولالية المحلول.

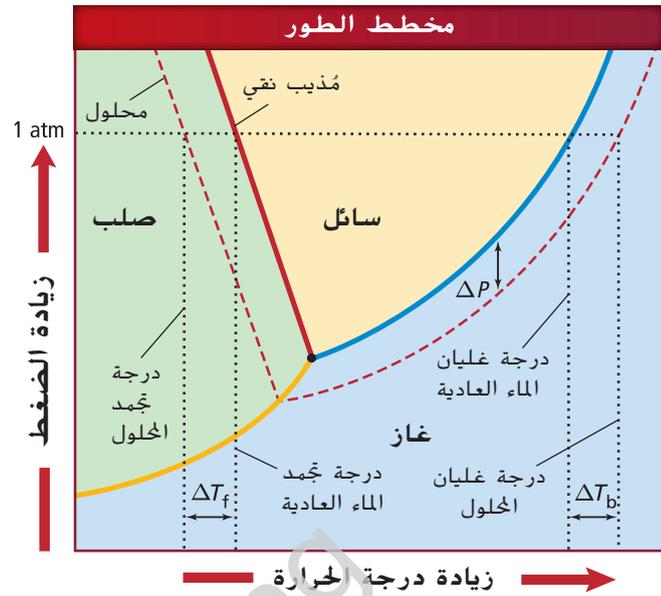
كما أنّ ثابت ارتفاع درجة الغليان المولالي K_b ، هو الفرق بين درجة غليان محلول يحتوي على $1m$ من مذاب غير متطاير ولاإلكتروليت ودرجة غليان مذاب نقي. الوحدة المستعملة للتعبير عن ارتفاع درجة الغليان هي $^{\circ}C/m$ وتختلف باختلاف المذاب. يُبيّن الجدول 5 قيم K_b للعديد من المذيبات الشائعة. لاحظ أن قيمة K_b للماء هي $0.512^{\circ}C/m$. وهذا يعني أن $1m$ من محلول سائل يحتوي على مذاب غير متطاير ولاإلكتروليت، يغلي عند درجة حرارة $100.512^{\circ}C$. وهذه الدرجة تزيد $0.512^{\circ}C$ على درجة غليان الماء النقي $100.0^{\circ}C$.

مثلما يُعدّ الانخفاض في الضغط البخاري خاصيةً تجميعيةً، فإنّ الارتفاع في درجة الغليان يُعدّ أيضاً خاصيةً تجميعيةً. وتتناسب قيمة الارتفاع في درجة الغليان مباشرةً مع مولالية المذاب في المحلول، أي أنّ كلّما زاد عدد جسيمات المذاب في المحلول ازداد الارتفاع في درجة الغليان. ولأنّ المولالية مُرتبطةً مع الكسر المولي الذي يتضمّن عدد جسيمات المذاب، فهي تستعمل للدلالة على التركيز. ويُعبّر عن المولالية كذلك بكتلة المذاب عوضاً عن الحجم، ولذلك لا تتأثر المولالية بتغيّر درجة الحرارة. عاين الشكل 21 ولا حظ أنّ المنحنى الذي يُمثّل المحلول يقع أسفل المنحنى الذي يُمثّل المذيب النقي عند أيّ درجة حرارة.

الجدول 5 ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي (K_b)

المُذيب	درجة الغليان ($^{\circ}C$)	K_b ($^{\circ}C/m$)
الماء	100.0	0.512
البنزين	80.1	2.53
رابع كلوريد الكربون	76.7	5.03
إيثانول	78.5	1.22
الكلوروفورم	61.7	3.63

■ **الشكل 21** يُؤثّر الضّغط والحرارة في المذّيب النّقي (الخطّ المتّصل) وفي المحلول (الخطّ المتقطّع). من حيث حالاتهما حالاتهم الصّلبة أو السّائلة أو الغازيّة.



التأكّد من فهم التمثيلات البيانيّة

✓ **صِف** كيف يُمثّل الفرق بين الخطوط المتّصلة والمتقطّعة الانخفاض في الضّغط البخاري، والارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمّد. استعمل بياناتك محدّدة من التمثيل البياني لدعم إجابتك.

انخفاض درجة التجمّد

تفقد الجسيمات الطاقة الحركيّة الكافية عندما يصل المذّيب إلى درجة التجمّد للتغلّب على قوى التجاذب بينها؛ فترتّب الجسيمات نفسها في بنية أكثر تنظيماً في الحالة الصّلبة. تتداخل جسيمات المذاب في المحلول مع قوى التجاذب في جسيمات المذّيب. ممّا يمنع المذّيب من الوصول إلى الحالة الصّلبة عند درجة التجمّد.

تكون درجة تجمّد المحلول دائماً أقلّ من درجة تجمّد المذّيب النّقي. يبيّن الشكل 21 الفرق بين درجات الغليان والتجمّد للماء النّقي والمحلّول السائل. وعند مقارنة الخطوط المتّصلة بالمتقطّعة، بإمكانك أن تلاحظ أنّ نطاق درجة الحرارة للمحلّول السائل في حالته السائلة أكبر من نطاق درجة الحرارة للماء النّقي. ويبيّن الشكل 22 تطبيقين شائعين لاستعمال الملح للتقليل من درجة تجمّد المحلول السائل.

■ **الشكل 22** تعمل إضافة الملح إلى الجليد في الطرقات على التقليل من درجة تجمّد الجليد ممّا يؤدّي إلى انصهار الجليد. وتعمل إضافة الملح عند تحضير المثلجات إلى التقليل من درجة التجمّد في الثلج ممّا يسمّح للماء النّاتج بتجميد المثلجات.



الجدول 6 ثابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي (K_f)

المُذيب	درجة التجمد ($^{\circ}\text{C}$)	K_f ($^{\circ}\text{C}/m$)
الماء	0.0	1.86
البنزين	5.5	5.12
رباعي كلوريد الكربون	-23.0	29.8
إيثانول	-114.1	1.99
الكلوروفورم	-63.5	4.68

الانخفاض في درجة التجمد للمحلول، ΔT_f ، هو الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المُذيب النقي الموجود في المحلول. ثوابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي (K_f) لعدة مذيبات مُبيّنة في الجدول 6. وتتناسب قيم الانخفاض في درجة التجمد للمواد اللاإلكتروليت طرديًا مع مولالية المحلول.

انخفاض درجة التجمد

$$\Delta T_f = K_f m$$

ΔT_f تُمثّل الارتفاع في درجة الغليان.
 K_f تُمثّل ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي.
 m تُمثّل المولالية.

الفرق في درجة الحرارة يُساوي ناتج ضرب ثابت الانخفاض في درجة التجمد في مولالية المحلول.

وكما هو الحال مع قيم K_b فإنّ قيم K_f تعتمد على طبيعة المُذيب. ولأنّ قيمة ثابت انخفاض درجة التجمد للماء $K_f 1.86^{\circ}\text{C}/m$ ، فسيتمدد المحلول السائل الذي تركيزه $1m$ ويحتوي على مُذاب غير متطاير ولاإلكتروليت عند درجة -1.86°C وهي أقلّ من درجة تجمد الماء النقي 0.0°C . ويُعدّ الجليسرول أحد المذابات اللاإلكتروليتية وينتج الكثير من الأسماك والحشرات لحماية دماؤها من التجمد في الشتاء القارس. يحتوي مانع التجمد والعديد من المحاليل المانعة لتكوين الجليد على مُذيب لاإلكتروليت وهو جليكول الإثيلين. لاحظ أن مُعادلات الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد تُحدّد مولالية المواد اللاإلكتروليتية. أما في حالات الإلكتروليتات فيجب استخدام المولالية الفاعلة للمحلول. كما يوضّحها المثال 6.

تجربة مُصغّرة

تحديد انخفاض درجة التجمد

كيف يُمكنك قياس الانخفاض في درجة التجمد؟

الإجراء 

- حدّد احتياطات السلامة لنشاط المختبر قبل بدء العمل.
- املأ كأسين سعة كلّ منهما 400mL بالجليد المجروش. أضف 50 mL من ماء الصنبور البارد لكلّ كأس.
- قيس درجة حرارة كلّ من الكأسين باستعمال مقياس حرارة غير زئبقي.
- حرك محتويات كلّ كأس باستعمال ساق التّحرك لمدّة 1 min حتى تُصبح درجة حرارة كلا الكأسين ثابتة. سجّل درجة الحرارة.
- أضف 75 g من الملح الصّخري (NaCl) إلى أحد الكأسين. تابع التّحرك في كلا الكأسين. سيذوب بعض الملح.

- عندما تُصبح درجة حرارة كلّ من الكأسين ثابتة، سجّل القراءة النهائية.
- للتنظيف، أسكب محتويات كلّ كأس في المصرف مع غسلهم بالكثير من الماء.

التحليل

- قارن قراءاتك التي سجّلتها للماء المُثلج وللماء المالح. يَمُفَسِّرُ التّغيُّر في درجة الحرارة؟
- فسّر لماذا أُضيف الملح إلى إحدى الكأسين دون الآخر.
- فسّر الملح هو إلكتروليت قويّ يُنتج أيونين، Na^+ و Cl^- ، عندما يتفكّك في الماء. فسّر لماذا يُعدّ هذا أمرًا مهمًّا عند حساب الخاصية التجمعية لانخفاض درجة التجمد.
- توقع ما إذا كان من الأفضل استعمال الملح الصّخري الخشن أم ملح البائدة التاعم عند تحضير المُثلجات المنزلية. فسّر إجابتك.

التغيّرات في درجات الغليان والتجمّد يُستعمل كلوريد الصوديوم (NaCl) غالباً لمنع تكوّن الجليد على الطرقات وتجميد المُثلجات. ما درجتا غليان وتجمّد محلول سائل من كلوريد الصوديوم تركيزه $0.029m$ ؟

1 تحليل المسألة

لديك مولالية المحلول السائل لكلوريد الصوديوم. أولاً، احسب ΔT_b و ΔT_f اعتماداً على عدد الجسيمات في المحلول. ثم لتحديد الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمّد، أضف ΔT_b إلى درجة الغليان واطرح ΔT_f من درجة التجمّد.

معلوم

$$0.029m = \text{مولالية المحلول}$$

$$K_b = 0.512^\circ\text{C}/m$$

$$K_f = 1.86^\circ\text{C}/m$$

2 حساب المجهول

حدّد مولالية الجسيمات.

$$2 \times 0.029m = 0.058m = \text{مولالية الجسيمات}$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

أكتب معادلة الارتفاع في درجة الغليان ومعادلة انخفاض درجة التجمّد.

$$K_b = 0.512^\circ\text{C}/m, \text{ مؤش } m = 0.058m$$

$$\Delta T_b = (0.512^\circ\text{C}/m)(0.058m) = 0.030^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = (1.86^\circ\text{C}/m)(0.058m) = 0.11^\circ\text{C}$$

حدّد درجة الغليان بعد الارتفاع ودرجة التجمّد بعد الانخفاض للمحلول

$$100.000^\circ\text{C} + 0.030^\circ\text{C} = \text{درجة الغليان}$$

$$100.030^\circ\text{C} =$$

$$0.00^\circ\text{C} - 0.11^\circ\text{C} = \text{درجة التجمّد}$$

$$-0.11^\circ\text{C} =$$

3 تقييم الإجابة

كما هو متوقّع، تكون درجة الغليان أعلى ودرجة التجمّد أقلّ. ولأنّ للمولالية رقمين معنويين، فإنّ لـ ΔT_b و ΔT_f رقمين معنويين.

الكيمياء في الحياة اليومية

انخفاض درجة التجمّد



الأسماك التي تعيش في المياه المالحة إن المحافظة

على التركيز الملحي (الملح) المناسب هو أمر في غاية الأهمية لحياة الأسماك التي تعيش في المياه المالحة. فوجود الملح في المناطق القطبية ضروريّ للمحافظة على المياه من التجمّد، ممّا يسمّح بالمحافظة على الحياة البحرية.

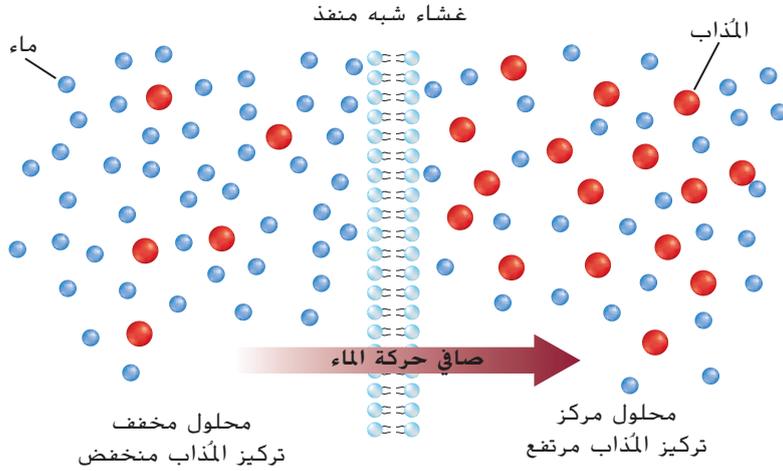
تطبيقات

45. ما درجة الغليان ودرجة التجمّد لمحلول سائل تركيزه $0.625m$ لأي مذاب غير متطاير ولاإلكتروليت.

46. ما درجة غليان ودرجة تجمّد محلول السكروز في الإيثانول الذي تركيزه $0.40m$ ؟

47. تجمّد تم اختبار محلول تركيزه $0.045m$ (يحتوي على مذاب غير متطاير ولاإلكتروليت) وتبيّن أنّ الانخفاض في درجة تجمّده بلغ 0.080°C . ما قيمة ثابت الانخفاض في درجة تجمّده (K_f)؟ وهل المذيب المكوّن منه المحلول في هذه الحالة هو الماء أو الإيثانول أو الكلوروفورم؟

■ **الشكل 23** تنتشر المذيبات بسبب الخاصية الأسموزية من التركيز الأقل للمذاب إلى التركيز الأعلى للمذاب من خلال أغشية شبه منفذة.



الضغط الأسموزي

الربط **بمعلم الأحياء** تذكر أن الانتشار هو اختلاط الغازات أو السوائل نتيجة حركتها العشوائية. **الخاصية الأسموزية** هي انتشار المذيب خلال غشاء شبه منفذ. والأغشية شبه المنفذة هي حواجز تسمح لبعض الجسيمات بالعبور. وتعتبر الأغشية التي تحيط بجميع الخلايا الحية شبه منفذة. وتلعب الخاصية الأسموزية دورًا مهمًا في الكثير من الأنظمة البيولوجية. ومنها امتصاص الغذاء عند النباتات. تفحص نظامًا يكون في المحلول المخفف مفضولًا عن المحلول المركز بغشاء شبه منفذ، كما هو مبين في **الشكل 23**. تتحرك جسيمات الماء خلال العملية الأسموزية في الاتجاهين عبر الغشاء، ولكن جسيمات المذاب لا تستطيع العبور منها. وتنتشر جسيمات الماء عبر الغشاء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز. وتسمى كمية الضغط الإضافي الناتج عن انتقال جزيئات الماء إلى المحلول المركز **الضغط الأسموزي**. ويعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في كمية محددة من المحلول، وهو خاصية جمعية للمحاليل.

القسم 4 مراجعة

ملخص القسم

- تقلل المواد المذابة غير المتطايرة من الضغط البخاري للمحلول.
- يرتبط الارتفاع في درجة الغليان مباشرة بمولالية المحلول.
- يكون الانخفاض في درجة التجمد للمحلول أقل من درجة تجمد المذيب النقي.
- يعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في حجم معين.

48. الفكرة الرئيسية اشرح طبيعة الخصائص التجميعية.

49. صف الخصائص التجميعية الأربع للمحاليل.

50. فسّر لماذا يكون للمحلول درجة غليان أعلى من درجة غليان المذيب النقي.

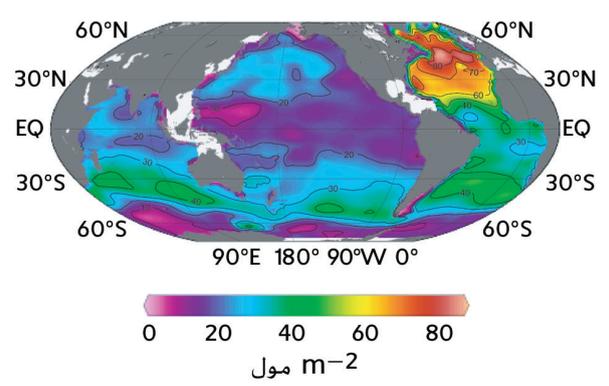
51. حلّ يغلي محلول سائل من كلوريد الكالسيوم (CaCl_2) عند درجة حرارة 101.3°C . ما كتلة كلوريد الكالسيوم بالكيلو جرام التي أُذيت في 1000.0 g من المذيب؟

52. احسب الارتفاع في درجة الغليان لمحلول يحتوي على 50.0 g من الجلوكوز ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) مذابة في 500.0 g من الماء. ثم احسب الانخفاض في درجة التجمد للمحلول نفسه.

53. تحقق حدّد اختصاصي في المختبر درجة الغليان لمحلول سائل لمذاب لاإلكتروليت وغير متطاير بـ 1.12°C . فما مولالية المحلول؟

الكيمياء والمهن

المهنة: كيميائي البيئة محلل CO₂



الشكل 1 تُمثّل الألوان الحمراء والصفراء والخضراء المناطق التي فيها مستويات عالية من CO₂ الدائمة في الماء.

بيانات مُستخدمة من: Sabine et al. 2004. الحوض المحيطي لـ CO₂ الاصطناعي. العلوم 305. 367-371

الحجز في أعماق المحيط

من كمية CO₂ الجوّي، ويحمي الحياة في الجزء العلوي من المحيط، وهو تسبيل غاز CO₂ ثم ضخّه إلى طبقات المياه السفلى، وتُستوى هذه العملية الحجز في أعماق البحار. وهناك تصوّر أنّ الضّغط الشّديد في الأعماق، ما يزيد عن 3000 m من شأنه أن يُحوّل CO₂ إلى هيدرات. ستذوب الهيدرات في أعماق مياه المحيطات لكن سيبقى CO₂ عالماً لمئات السنين بعيداً عن الجزء العلوي للمحيط والغلاف الجوّي.

بُحوثٌ مُستمرّة يعملُ العلماء على إيجاد إجابات عن كثيرٍ من الأسئلة حول الحجز في أعماق البحار مثل أثر CO₂ على المخلوقات التي تعيش في الأعماق. ولا يزال هنالك الكثير من المشاكل التّقنية المُتعلّقة بعملية جمع وتخزين ونقل كميات كبيرة من سائل الـ CO₂. وإذا كان من المُمكن حلّ هذه المشاكل التّقنية فإنّ على الرّأي العامّ والمسؤولين الأخذ بعين الاعتبار الأخطار المُتعلّقة باطلاق CO₂ في الهواء وفي المحيطات.

الكتابة في الكيمياء

عصف ذهني أعدّ لائحة من الأسئلة للإجابة عليها انطلاقاً من البحث قبل الشروع في عملية الحجز في أعماق البحار.

تُشير السّجلات الجيولوجيّة إلى أنّ مستويات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) الجوّي أعلى كثيراً في الوقت الحاضر ممّا كانت عليه خلال 20 مليون سنةٍ مضّت. وقد ساهم CO₂ الاصطناعي، والذي يعني CO₂ من صنع الإنسان، في هذا المستوى العالي. لكن لا يبقى في الغلاف الجوّي إلى أجل غير مسمى. إذ تحتوي المحيطات بشكل طبيعي على CO₂ الذي يأتي من الغلاف الجوّي ومن المخلوقات الحيّة. وتقوم المحيطات بامتصاص 50% من CO₂ الاصطناعي. ويعتقد بعض العلماء أنه خلال الألف سنة القادمة، سيدوب 90% من CO₂ الاصطناعي في المحيطات.

جمع بيانات CO₂ تتأثر سرعة ذوبان CO₂ في المحيطات بعدة عوامل، منها درجة الحرارة وتركيز CO₂ في الهواء والماء واختلاط الماء مع الهواء بسبب الزّياح وحركة الأمواج. لقد قضى فريقٌ من الباحثين عدّة سنواتٍ لجمع وتحليل البيانات حول CO₂ وذلك من آلاف نقاط الجمع في المحيطات حول العالم وتوضّح بيانات الشكل 1، أنّ شمال المحيط الأطلسي يحتوي على أكبر كمية من CO₂ لكل مترٍ مُربّع من سطح المحيط. حيث تجعل مجموعة هذه العوامل مثل درجة الحرارة والعمق والتيارات البحرية من شمال المحيط الأطلسي ماصّاً فعّالاً للغاز الاصطناعي CO₂.

جمع وتخزين CO₂ هنالك طريقة واحدة لتقليل كمية CO₂ المُتصاعدة إلى الغلاف الجوّي، وهي جمع وتخزين CO₂ الناتج عن حرق الوقود الأحفوري. يقوم العلماء بالبحث في امكانيّة حقن CO₂ الذي تمّ جمعه مباشرة في المحيط وذلك لتسريع عمليّة ذوبانه. حيث تُقلّل هذه العمليّة من تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري لـ CO₂. ومع ذلك يُمكن أن يؤدي اختلال التّوازن الطبيعي لثاني أكسيد الكربون CO₂ الدائب إلى آثار بالغة على كيميائية المياه، مما قد يُلحق ضرراً بالمخلوقات البحرية أو يقتلها. فعلى سبيل المثال، أظهرت الشّعاب المرجانيّة المُنتشرة في مُختلف أنحاء العالم دلائل إيجابيّة نتيجة زيادة في مستوى CO₂ الدائب في الماء.

مختبر الكيمياء

التحقيق في العوامل المؤثرة في الذائبية



نبذة مختصرة: تتضمن عملية تحضير محلول ما، اتصال جسيمات المذيب بجسيمات المذاب. فعند إضافة مركب قابل للذوبان إلى الماء، تؤثر عدة عوامل في سرعة تكوّن المحلول. **سؤال** كيف تؤثر هذه العوامل في سرعة تكوّن المحلول؟

المواد

كبريتات التّحاس (II) المائية
ماء مقطر
أنايب اختبار (6)
مخبر مُدرّج سعته 25mL
ساق تحريك زجاجية
ماسك أنايب
حامل أنايب اختبار
هاون وبردقة
ملعقة صغيرة
ساعة

إجراءات السلامة



الإجراء

1. حدّد احتياطات السلامة لنشاط المختبر قبل بدء العمل.
2. أعدّ جدولاً لتسجيل بياناتك.
3. اكتب فرضيةً تضمّ ما تعرفه عن سرعة التفاعل لتفسير ما يُمكن ملاحظته أثناء الخطوات الإجرائية.
4. ضع الأنايب 6 على حامل الأنايب.
5. ضع بلورةً من كبريتات التّحاس (II) المائية في كلّ من الأنايب الأوّل والأنايب الثاني.
6. بالنسبة للأنايب المُتبقية، استعمل الهاون والمدقّ لطحن البلورات. ثمّ اكشط المسحوق الناتج بملعقة صغيرة وضعه في أنايب الاختبار المُتبقية.
7. قس 15 mL من الماء المُقطّر الذي يكون بدرجة حرارة الغرفة. ثمّ اسكبه في أنبوب الاختبار الأوّل وسجّل الزمن.
8. لاحظ المحلول في أنبوب الاختبار بعد إضافة الماء مباشرة وبعد 15 min.
9. أترك الأنايب الأوّل ثابتاً على حامل الأنايب.
10. كرّر الخطوات 7 و 8 مع الأنايبين الثالث والرابع.
11. استعمل الساق الزجاجية لتحريك أنبوب الاختبار الثاني لمدة 1 أو 2 min.
12. أترك الأنايب الثالث دون تحريك.
13. حرّك المحلول في الأنايب الرابع باستعمال ساق التحريك الزجاجية الزجاجية لمدة 1 أو 2 min.

14. كرّر الخطوات 7 و 8 مع الأنايب الخامس باستعمال ماءً أكثر برودةً. أترك الأنايب الخامس بلا تحريك.
15. كرّر الخطوات 7 و 8 مع الأنايب السادس باستعمال ماءً ساخن. أترك الأنايب السادس بلا تحريك.
16. **التنظيف والتخلّص من النفايات** تخلّص من بقايا المواد الصلبة والمحاليل مُتّبِعاً إرشادات مُعلّمك. نظّف كلّ أدوات المختبر وأعدّها إلى أماكنها المُحدّدة.

التحليل والاستنتاج

1. **قارن وقابل** ما التأثير الذي لاحظته عند تحريك الأنايب الثاني والرّابع مُقارنةً بالمحاليل في الأنايب الأوّل والثالث؟
2. **الملاحظة والاستدلال** ما العامل الذي أدّى إلى تكوّن المحلول بسرعة في الأنايب الرابع مُقارنةً بالأنايب الثاني؟
3. **إدراك النتيجة والسبب** لماذا حسب اعتقادك اختلفت النتائج بين الأنايب الثالث والخامس والسادس؟
4. **ناقش** ما إذا كانت بياناتك قد دعمت فرضيتك.
5. **تحليل الخطأ** حدّد مصدر الخطأ الرئيس المُحتَمَل في هذه التّجربة العملية، واقترح طريقة سهلةً لتصحيحه.

توسيع نطاق الاستفسارات

التفكير الناقد كانت الملاحظات الناتجة عن هذه التّجربة تُرى بالعين المُجرّدة. فاقترح تفسيراً دون مجهري لشرح هذه العوامل التي أثّرت في سرعة تكوّن المحلول. مالذي يحدث على مُستوى الجسيمات لتسريع تكوّن المحلول في كل حالة؟

الفكرة الرئيسية تقريباً كلّ الغازات والسوائل والمواد الصلبة التي تُشكّل عالمنا هي مخاليط.

القسم 1 أنواع المخاليط

- المفردات**
- معلق
 - غروي
 - الحركة البراونيّة
 - ظاهرة تبدال
 - ذائب
 - قابل للامتزاج
 - غير قابل للذوبان
 - غير قابل للامتزاج

- الفكرة الرئيسية تكون المخاليط إمّا مُتجانسة أو غير مُتجانسة.
- تحتفظ كلّ مادّة في المخاليط غير المُتجانسة بخصائصها.
 - هنالك نوعان من المخاليط غير المُتجانسة، وهما المعلق والغروي.
 - الحركة البراونيّة هي الحركة العشوائيّة للجسيمات المُتصادمة.
 - تُظهر الغرويات ظاهرة تبدال.
 - يُكون المحلول إمّا غازًا أو سائلاً أو صلبًا بناءً على المُذيب.
 - تُكون المواد الذائبة في المحلول غازيّة أو سائلة أو صلبة.

القسم 2 تركيز المحلول

- المفردات**
- التّركيز
 - المولارية
 - المولالية
 - الكسر المولي

- الفكرة الرئيسية يُمكن التّعبير عن التّركيز من خلال النسبة المئويّة أو المولات.
- يُمكن حساب التّركيز إمّا نوعيًا أو كمّيًا.
 - المولارية هي عدد مولات المُذاب للمحلول باللتر.
- عدد مولات المُذاب**
المولارية (M) = $\frac{\text{عدد مولات المُذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$
- المولالية هي نسبة عدد مولات المُذاب إلى 1 kg من المُذيب.

$$\text{المولالية (m)} = \frac{\text{عدد مولات المُذاب}}{\text{كتلة المُذيب (kg)}}$$

- لا يتغيّر عدد مولات المُذاب خلال عمليّة التّخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

القسم 3 العوامل المؤثرة في الذّوبان

- المفردات**
- الإذابة
 - حرارة المحلول
 - محلول غير مشبع
 - محلول مشبع
 - محلول فوق مشبع
 - قانون هنري

- الفكرة الرئيسية تُؤثّر عواملٌ مثل درجة الحرارة والضغط والتّقطبيّة في تكوّن المحاليل.
- تتضمّن عمليّة الذّوبان إحاطة جسيمات المُذاب بجسيمات المُذيب.
 - تُكوّن المحاليل غير مُشبعة أو مُشبعة أو فوق مُشبعة.
 - يُصنّف قانون هنري أنّه في درجة حرارة مُعيّنة، تتناسب ذائبية (S) للغاز في السائل طرديًا مع الضّغط (P) الذي فوق السائل.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

القسم 4 الخصائص التّجمعيّة للمحاليل

- المفردات**
- الخاصية التّجمعيّة
 - الانخفاض في الضّغط البخاري
 - الارتفاع في درجة الغليان
 - الانخفاض في درجة التجمد
 - الخاصية الأسموزيّة
 - الضّغط الأسموزي

- الفكرة الرئيسية ترتكز الخصائص التّجمعيّة على عدد جسيمات المُذاب في المحلول.
- تُخفّض المواد الذائبة غير المُتطايرة الضّغط البخاري للمحلول.
 - يرتبط الارتفاع في درجة الغليان مُباشرةً بمولالية المحلول.

$$\Delta T_b = K_b m$$

- تكون درجة التجمد للمحلول أقلّ من درجة التجمد للمُذيب النقي.

$$\Delta T_f = K_f m$$

- يعتمد الضّغط الأسموزي على عدد جسيمات المُذاب في حجم مُعيّن.

92. تساوي ذائبية الغاز 1.80 g/L عند ضغط مقداره 37.0 kPa. ما قيمة الصّغط التي تُصبح عندها الذائبية 9.00 g/L؟
93. استعن بقانون هنري لإكمال **الجدول 8**.

الجدول 8 الذائبية والصّغط	
الذائبية (g/L)	الصّغط (kPa)
2.9	?
3.7	32
?	39

94. **المشروبات الغازية** الضغط الجزئي لغاز CO₂ داخل زجاجة مشروب غازي يساوي 4.0 atm عند درجة حرارة 25°C. إذا كانت ذوبانية CO₂ تساوي 0.12 mol/L. وعند فتح الرّجاجة ينخفض الضغط الجزئي إلى 3.0×10^{-4} atm. فما ذائبية CO₂ في الرّجاجة المفتوحة؟ عبّر عن إجابتك بوحدة الجرام لكل لتر.

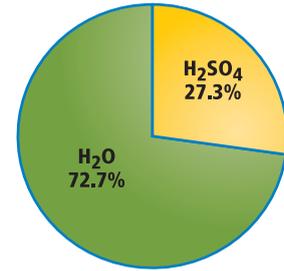
القسم 4

إتقان المفاهيم

95. عرّف الخاصية التجميعية.
96. استخدم المصطلحين مُركّز ومُخفّف لمقارنة المحلول على طرفي الغشاء شبه المنفذ.
97. حدّد كل مُنتج في المُعادلة التالية:
- $$\Delta T_b = K_b m$$
98. عرّف المصطلح الصّغط الاسموزي ووضّح لماذا يُعدّ خاصية تجميعية.

إتقان حل المسائل

99. احسب درجة التّجمد لمحلول يحتوي على 12.1 g من النفتالين (C₁₀H₈) الذائب في 0.175 kg من البنزين (C₆H₆). استعن بـ **الجدول 6** لأخذ البيانات المطلوبة.
100. في المختبر قمت بإذابة 179 g من MgCl₂ في 1.00 L من الماء. استعن بـ **الجدول 6** لإيجاد درجة تجمد المحلول.
101. **في المطبخ** يقوم طبّاخ بتحضير محلول للفلان بإضافة 12.5 g من NaCl إلى وعاء يحتوي 0.750 L من الماء. عند أي درجة حرارة يفلي المحلول في الوعاء؟ إرجع إلى **الجدول 5** لأخذ البيانات المطلوبة.
102. تتغيّر درجة غليان الإيثانول (C₂H₅OH) من 78.5°C إلى 85.2°C عندما تُضاف كمية من النفتالين (C₁₀H₈) إلى 1.00 kg من الإيثانول. ماهي كمية النفتالين المطلوبة بالجرامات لإحداث هذا التّغيير؟ ارجع إلى **الجدول 5** لأخذ البيانات المطلوبة.
103. **المُثلّجات** يُستعمل خليط الملح الصّخري (NaCl) والثلج والماء لتبريد الحليب والكريما لصنع مُثلّجات منزلية. ما كمية الملح الصّخري بالجرامات التي يجب إضافتها إلى الماء لتخفيض درجة التّجّد بـ 10.0°C؟



الشكل 25

84. ما الكسر المولي لمحلول H₂SO₄ في محلول يحتوي على نسبة حمض الكبريتيك والماء المبيّنة في **الشكل 25**؟
85. احسب الكسر المولي لمحلول MgCl₂ الناتج عن إذابة 132.1 g من MgCl₂ في 175 mL من الماء.

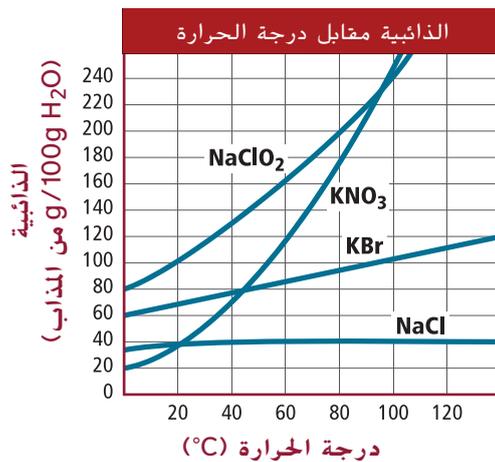
القسم 3

إتقان المفاهيم

86. صف عملية الإذابة.
87. ما الطّرق الثلاثة لزيادة سرعة الإذابة؟
88. وضّح الفرق بين المحاليل المُشبعة والمحاليل غير المُشبعة.

إتقان حل المسائل

89. تُساوي ذائبية غاز 0.54 g/L عند ضغط مقداره 1.5 atm. احسب ذائبية الغاز عند مُضاعفة الصّغط.
90. تساوي ذائبية غاز 9.5 g/L عند ضغط مقداره 4.5 atm. ما كمية الغاز بالجرامات التي تذوب في 1 L إذا تم تخفيض الصّغط إلى 3.5 atm؟



الشكل 26

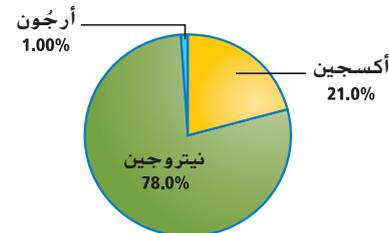
91. استعن بـ **الشكل 26** لمقارنة ذوبانية بروميد البوتاسيوم (KBr) ونترات البوتاسيوم (KNO₃) عند درجة حرارة 80°C.

مراجعة عامة

104. استعمل معرفتك حول القُطبية والذائبيّة لتوقّع ما إذا كان الدّوّابُ مُمكنًا في كلّ حالةٍ من الحالات المُوضّحة في الجدول 9. اشرح إجابتك.

الجدول 9 هل عمليّة الدّوّاب مُمكنة؟	
المذيب	المذاب
H ₂ O سائل	MgCl ₂ صلب
C ₆ H ₆ سائل	NH ₃ سائل
H ₂ O سائل	H ₂ غازي
Br ₂ سائل	I ₂ سائل

105. الطّلاء المنزلي بعض أنواع الطّلاء المنزلي هي من الفروّيات مُكوّنة من جسيمات صلب مُشّنة في الرّيت. بناءً على ما تعرّفه عن الفروّيات، اقترح مكانًا مُناسبًا لتخزين علب ما تبقى من الطّلاء. فسّر اقتراحك.
106. أي مُذاب له التأثير الأكبر في درجة غليان 1.00 kg من الماء: 50.0 g من كلوريد الإستراتشيوم (SrCl₂) أو 150.0 g من الجلوكوز (C₆H₁₂O₆)؟ فسّر إجابتك.
107. حلّل البيانات حول الذائبيّة ودرجة الحرارة في الجدول 4 لتحديد الاتجاه العام الذي تتبعه الغازات في الجدول. قارنه مع الاتجاه الذي تتبّعه أغلب المواد الصّلبة في التمثيل البياني. حدّد المواد الصّلبة المذكورة التي لا تتبّع الاتجاه العام.

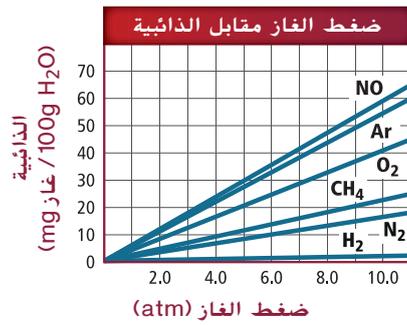


الشكل 27

108. يبيّن الشّكل 27 النسبة المئوية لمُكوّنات عيّنة من الهواء. احسب الكسر المولي لكلّ غاز موجود في العيّنة.
109. إذا قُمت بتحضير محلول سائل مُشبع من كلوريد البوتاسيوم في درجة حرارة 25°C، ثمّ قُمت بتسخينه إلى 50°C، فهل يُصبح المحلول غير مُشبع أو مشبعًا أو فوق مُشبع؟ فسّر إجابتك.
110. ما كتلة نترات الكالسيوم (Ca(NO₃)₂) التي تلزم لتحضير 3.00 L من محلول تركيزه 0.500M؟
111. ما مولاليّة المحلول في المسألة السّابقة؟ كثافة محلول 1.08 kg/L Ca(NO₃)₂.

التفكير الناقد

112. صمّم خطّة لتحضير 1000 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك في الماء، تركيزه 5% بالحجم. يجب أن تُقدّم خُطتك وصفًا لكثّرتي المُذاب والمذيب اللّازمتين، إضافةً إلى الخُطوات المُستخدمة في تحضير المحلول.
113. قارن واستدلّ ادرس المُخطّط في الشّكل 21. وقارن بين الخطوط المُتقطّعة ل ΔT_f و ΔT_b ، وصف أوجه الاختلاف التي لاحظتها. كيف يمكن لهذه الخطوط أن تُوضع في أماكن مُختلفة للمحاليل الإلكتروليتية واللّائلكتروليتية؟ لماذا؟



الشكل 28

114. استنتج يبيّن الشّكل 28 ذائبيّة الأرجون في الماء عند ضُغوط مختلفة. استنتج البيانات وصولًا إلى (15atm). استعمل قانون هنري للتحقق من الذائبيّة التي حدّدتها استنتاجاتك.
115. استدلّ يحدث الجفاف عندما يفقد الجسم سوائل أكثر ممّا يتلقّى. يُنصَح الفوّادون بترطيب أجسادهم قبل الفوص. استخدم معرفتك حول العلاقة بين الضّغط وذائبيّة الغاز لشرح أهمية ترطيب الجسم قبل الفوص.
116. الرّسم البياني يوضّح الجدول 10 بيانات حول الذائبيّة تمّ تجميعها خلال تجربة. ارسم رسمًا بيانيًا لمولارية KI مقابل درجة الحرارة. ما ذائبيّة KI في درجة حرارة 55°C؟

الجدول 10 ذائبيّة KI	
جرامات KI كُتّل محلول 100.0 g	درجة الحرارة (°C)
144	20
162	40
176	60
192	80
206	100

الكتابة في الكيمياء

126. الحليب المُتجانس تمَّ بيعُ أوَّل حليب مُتجانس في الولايات المُتحدة حوالي عام 1919. أما اليوم، فكلَّ الحليب المُباع مُتجانس في شكل مُستحلب غروي. فمَّ يبحثُ حول عملية التَّجانس. اكتب مقالةً مُختصرة تُصِفُ فيها العملية، يجبُ على المقالة أن تتضمن رسماً بيانياً أو مخطَّطاً يوضِّح العملية، بالإضافة إلى مُناقشةٍ حول المنافع والمضارَّ المُتعلِّقة بِشُرب الحليب المُتجانس.

- 117. تصميم تجربة** لديك عيِّنة من مذاب صلب وثلاثة محاليل سائلة تحتوي على ذلك المذاب. كيف لك أن تُحدِّد أيَّ المحاليل مُشبعة وأيُّها غير مُشبعة وأيُّها الفوق مُشبعة؟
- 118. قارن** أيَّ المحاليل التَّالية له أعلى درجة تركيز؟ رتِّب المحاليل من الأكثر ارتفاعاً في درجة الغليان إلى الأقلَّ ارتفاعاً في درجة الغليان. فسِّر إجابتك.
- a. 0.10 mol NaBr في 100.0 mL من المحلول
b. 2.1 mol KOH في 1.00 L من المحلول
c. 1.2 mol KMnO_4 في 3.00 L من المحلول

مسائل تحدي

119. فسِّر بيانات الذائبية في الجدول 11 مُستخدماً قانون هنري.

الجدول 11 قياس ذائبية الغاز	
الذائبية	القياس
0.225	1
0.45	2
0.9	3
1.8	4
3.6	5

120. لديك محلول يحتوي على 135.2 g من KBr مذابة في 2.3 L من الماء. كم يلزمك من حجم هذا المحلول بال mL لتحضير محلول KBr حجمه 1.5 L وتركيزه 0.10M ؟ ماهي درجة الغليان لهذا المحلول الجديد؟

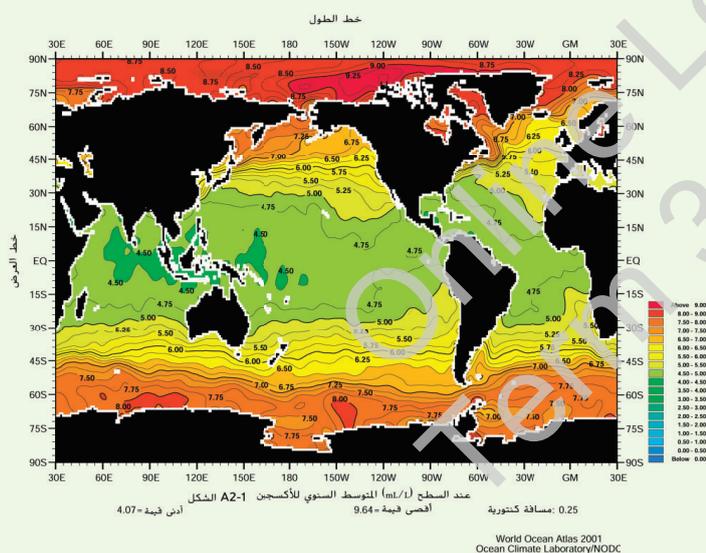
مراجعة تراكمية

- 121.** يبلغ نصف قطر ذرَّة الأرجون 94 pm . إذا افترضنا أنَّ الذرَّة كروية الشكل، ما هو حجم ذرَّة الأرجون بالنانومتر مكعب؟ $V = 4/3\pi r^3$
- 122.** حدِّد أيَّ جزيء من الجسيمات قطبي.
- a. SiH_4
b. NO_2
c. SiO_2
d. HBr
- 123.** سمِّ المركبات التَّالية.
- a. NaBr
b. $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
c. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
- 124.** عيِّنة من عنصر تساوي 12.0 g وتحتوي على 5.94×10^{22} ذرَّة. ماهو العنصر المجهول؟
- 125.** يمكن إنتاج البيزموث التقي من خلال تفاعل أكسيد البيزموث مع الكربون في درجات حرارة عالية.
- $$2\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Bi} + 3\text{CO}_2$$
- كم عدد مولات Bi_2O_3 التي تفاعلت لِتُنتجَ 12.6 mol من CO_2 ؟

DBQ أسئلة المستندات

المُتوسط السنوي من الأكسجين المذاب تُبيِّن البيانات في الشكل 29 مُتوسط قيم الأكسجين الذائبة في مياه المحيطات السطحية بالملتر لكلِّ لتر خلال شهر واحد عام 2001. يُمثل المحور الأفقي خطوط الطول، ويُمثل المحور العمودي خطوط العرض.

World Ocean Atlas 2001 Figures.2

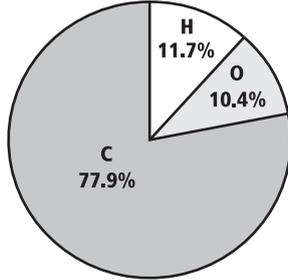


الشكل 29

- 127.** هل ترتبط قيم الأكسجين المذاب بشكل واضح مع خطَّ الطول أو خطَّ العرض؟ لماذا في اعتقادك أنَّ ذلك صحيحاً؟
- 128.** عند أي خطَّ عرض يكون مُتوسط قيم الأكسجين المذاب أقلَّ؟
- 129.** صِف الاتجاه العام الذي توضحه البيانات. اربط ذلك مع العلاقة بين ذائبية الغاز ودرجة الحرارة.

اختيار من متعدد

استخدم المخطط أدناه للإجابة عن السؤال 6.



6. ما الصيغة الأولية لهذه المادة؟

- A. CH_2O
 B. C_8HO
 C. $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$
 D. $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}$

7. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركب الأيوني المكون من أيون الكالسيوم (Ca^{2+}) وأيون الأسيتات ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$)؟

- A. $\text{CaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$
 B. $\text{CaC}_4\text{H}_6\text{O}_3$
 C. $(\text{Ca})_2\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$
 D. $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$

استخدم التفاعل التالي للإجابة على السؤالين 8 و 9.



8. إذا استخدمنا 16 mol من H_2 كم عدد مولات Fe التي سيتم إنتاجها؟

- A. 6
 B. 3
 C. 12
 D. 9

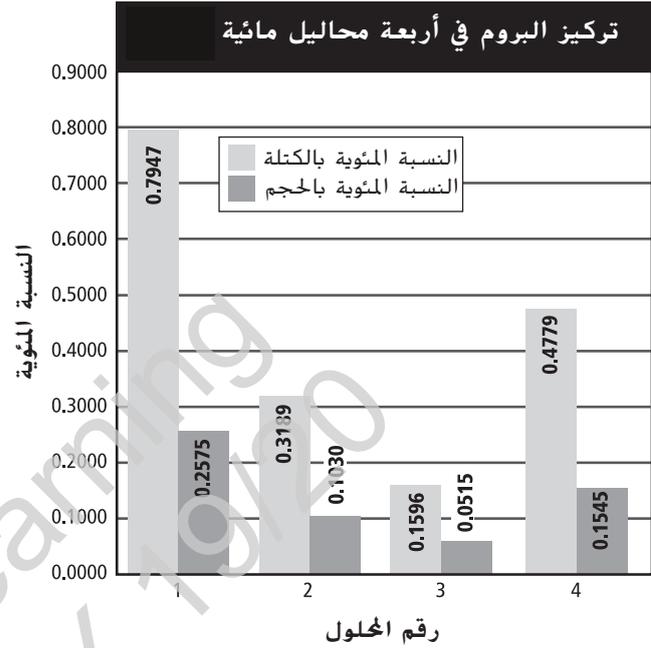
9. إذا ما مزجنا 7 mol من Fe_3O_4 مع 30 mol من H_2 أي الخيارات التالية تكون صحيحة؟

- A. لن يبقى هنالك أي تفاعلات.
 B. سيتبقى 2 mol من غاز الهيدروجين.
 C. سيتم إنتاج 30 mol من الماء.
 D. سيتم إنتاج 7 mol من Fe.

10. ما الكتلة المولية ل Fe_3O_4 ؟

- A. 231.54 g/mol
 B. 71.85 g/mol
 C. 287.40 g/mol
 D. 215.56 g/mol

استخدم التمثيل البياني أدناه للإجابة على السؤالين 1 و 2.



1. ما حجم البروم (Br_2) في 7.000 L من المحلول 1؟

- A. 55.63 mL
 B. 8.808 mL
 C. 18.03 mL
 D. 27.18 mL

2. ما كمية Br_2 بالجرام الموجودة في 55.00 g من المحلول 4؟

- A. 3.560 g
 B. 0.08498 g
 C. 1.151 g
 D. 0.2628 g

3. أي مما يأتي يُعدُّ خاصية فيزيائية مُكثِّفة؟

- A. الحجم
 B. الطول
 C. الصلابة
 D. الكتلة

4. ما ناتج تفاعل التكوين التالي؟



- A. NCl_2
 B. 2NOCl
 C. N_2O_2
 D. 2ClO

5. إذا أذيب 1 mol من كلٍّ من المواد التالية في 1 L من الماء، فأَيُّها سيكون له الأثر الأكبر في الصَّغَط البُخاري لمحلولة؟

- A. KBr
 B. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 C. MgCl_2
 D. CaSO_4

اختبار القبول الموحد SAT – المادة: الكيمياء

16. ما حجم محلول $0.125M$ من كلوريد النيكل $NiCl_2$ الذي يحتوي على 25 g من $NiCl_2$ ؟
- A. 406 mL
B. 32.5 mL
C. 38.5 mL
D. 26.0 mL
E. 201 mL

17. أي مما يأتي لا يُعدُّ خاصيةً تجميعيةً؟
- A. الارتفاع في درجة الغليان
B. انخفاض درجة التجمد
C. الانخفاض في الضَّغط البخاري
D. الضغط الأسموزي
E. الذائبية

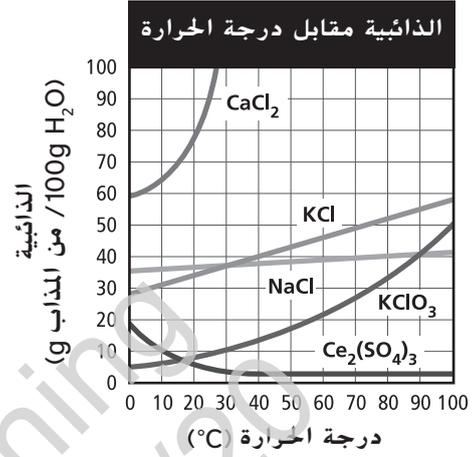
استخدم بيانات الجدول أدناه للإجابة على السُّؤالين 18 و 19.

السالبية الكهربائية للعناصر المُحدَّدة						
H						
2.20						
Li	Be	B	C	N	O	F
0.98	1.57	2.04	2.55	3.04	3.44	3.98
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0.93	1.31	1.61	1.90	2.19	2.58	3.16

18. ما فرق السالبية الكهربائية في Li_2O ؟
- A. 1.48
B. 2.46
C. 3.40
D. 4.42
E. 5.19
19. أيُّ الروابط التالية لديها قطبية أكبر؟
- A. C-H
B. Si-O
C. Mg-Cl
D. Al-N
E. H-Cl

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استعن بالتمثيل البياني الآتي للإجابة على الأسئلة من 11 إلى 13.



11. كم عدد مولات $KClO_3$ التي يمكن أن تذاب في 100 g من الماء في درجة حرارة تساوي 60°C ؟
12. أيُّ المحلولين بإمكانه استيعاب أكثر مادةً مذابةً في درجة حرارة تساوي 20°C : محلول $NaCl$ أو KCl ؟ كيف يمكن مقارنة ذلك بذايبية كل منهما عند درجة حرارة تساوي 80°C ؟
13. كم عدد مولات $KClO_3$ التي تلزم لتحضير محلول مُشبع حجمه 1 L من $KClO_3$ في درجة حرارة تساوي 75°C ؟

أسئلة ذات إجابات طويلة

- استعن بالمعلومات الموجودة أدناه للإجابة على السُّؤالين 14 و 15.
- الترتيب الإلكتروني للسيليكون هو $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$.
14. اشرح كيف يوضِّح هذا الترتيب مبدأ أوفباو؟
15. أرسم المخطط الفلكي للسيليكون. اشرح كيف تُستخدم قاعدة هوند ومبدأ باولي للاستبعاد في بناء المخطط الفلكي.

سرعة التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية يتم كل تفاعل كيميائي وفقاً لسرعة محددة ولكن يمكن تسريع التفاعل أو إبطائه بتغيير ظروف التفاعل.

الأقسام

- 1 نموذج لسرعة التفاعلات
- 2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل
- 3 قوانين سرعة التفاعلات
- 4 سرعة التفاعلات اللحظية وآليات التفاعل

التجربة الاستهلاكية

كيف يمكنك زيادة سرعة تفاعل كيميائي؟

تتم بعض التفاعلات الكيميائية ببطء شديد وتبدو كأنه لا يحدث شيء. في هذه التجربة، سوف تدرس طريقة واحدة لتسريع التفاعل البطيء.

مطوياتي®

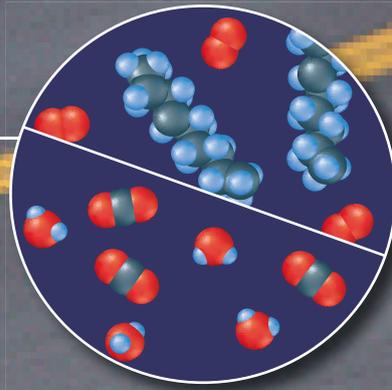
منظم الدراسة

سرعة التفاعلات

اصنع المطوية الموضحة بالشكل وقم بتسميتها واستخدمها لمساعدتك على تنظيم المعلومات عن العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل.

وجود حفاز	○
درجة الحرارة	○
مساحة السطح	○
التركيز	○
طبيعة المتفاعلات	○
العوامل المؤثرة	○
في سرعة التفاعل	○

المواد المتفاعلة والنواتج من الاحتراق



المكبس والأسطوانة



Online Learning
Term 3 AY 19/20



المحرك

تظل معظم السيارات حتى اليوم تُستخدم نظام الاحتراق نفسه الذي اخترعه ألفونس بو دي روشا عام 1862. وأثناء الاحتراق، تندمج مكونات الجازولين مع الأكسجين وتشتعل. وتحدث عمليات احتراق صغيرة في الأسطوانات التي تمد السيارة بالطاقة اللازمة ونواتج التفاعل هي ثاني أكسيد الكربون والماء.

نموذج لسرعة التفاعلات

الفكرة الرئيسية تعتبر نظرية التصادم مفتاحًا لفهم السبب وراء تميز بعض التفاعلات بسرعة أكبر من تفاعلات أخرى.

القسم 1

الأسئلة الرئيسية

- كيف يمكن حساب سرعة التفاعلات الكيميائية من البيانات التجريبية؟
- ما مدى الارتباط بين سرعة التفاعلات الكيميائية والتصادمات بين الجسيمات المتفاعلة؟

مراجعة المفردات

الطاقة energy: القدرة على بذل الشغل أو إنتاج الحرارة؛ وهي موجودة في شكلين رئيسيين: طاقة وضع وطاقة حركية

المفردات الجديدة

سرعة التفاعل reaction rate
نظرية التصادم collision theory
المعقد المنشط activated complex
طاقة التنشيط activation energy

■ **الشكل 1** يوضح عداد السرعة سرعة المتسابق بوحدة km/h أو mph وكلاهما تغير في المسافة مقسومًا على التغير في الزمن. يمكن قياس سرعة العداء بوحدة m/s.

الكيمياء في حياتك

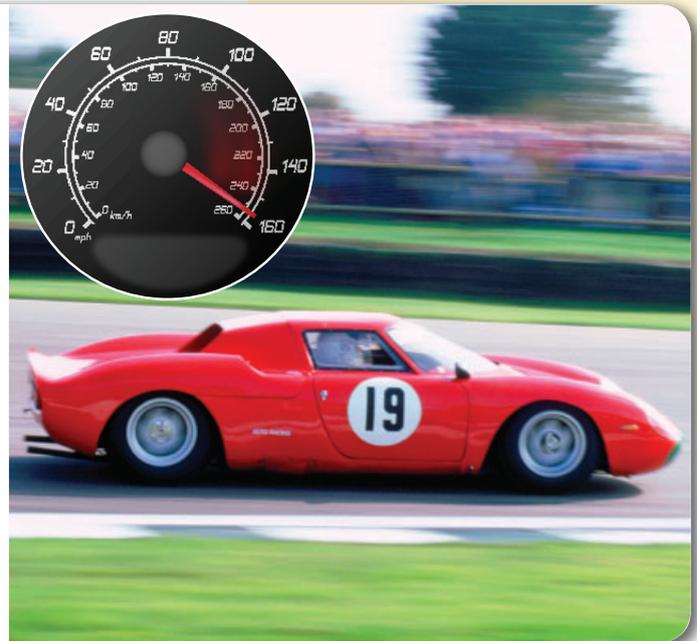
أيهما أسرع: المشي إلى المدرسة، أم ركوب الحافلة أم السيارة؟ لا يختلف تحديد مدى سرعة شخص ما في الوصول إلى المدرسة بشكل كبير عن حساب سرعة تفاعل كيميائي. وأيًا كانت الطريقة، فإنك تقيس التغير على مدار الزمن.

التعبير عن سرعة التفاعل

في التجربة الاستهلالية، اكتشفت أن تفكك بيروكسيد الهيدروجين يمكن أن يكون تفاعلًا سريعًا أو بطيئًا. ومع ذلك، فإن المصطلحين سريع وبطيء غير دقيقين. يجب أن يتحلى الكيميائيون والمهندسون والطهاة وعاملو اللحام وعمال خلط الخرسانة والآخرين بدقة أكبر. على سبيل المثال، يجب أن يعرف الطهاة السرعة التي ينضج بها الشواء لتحديد الموعد المناسب لتقديمه. يجب أن يعرف عامل خلط الخرسانة سرعة تصلب الماء والرمل والحصى والأسمنت وبذلك يمكن صب الخرسانة الناتجة بالتوافق الصحيح. ويمكن أن يتسبب تأخير الصب في الحصول على خرسانة غير قوية كافية لأغراض البناء.

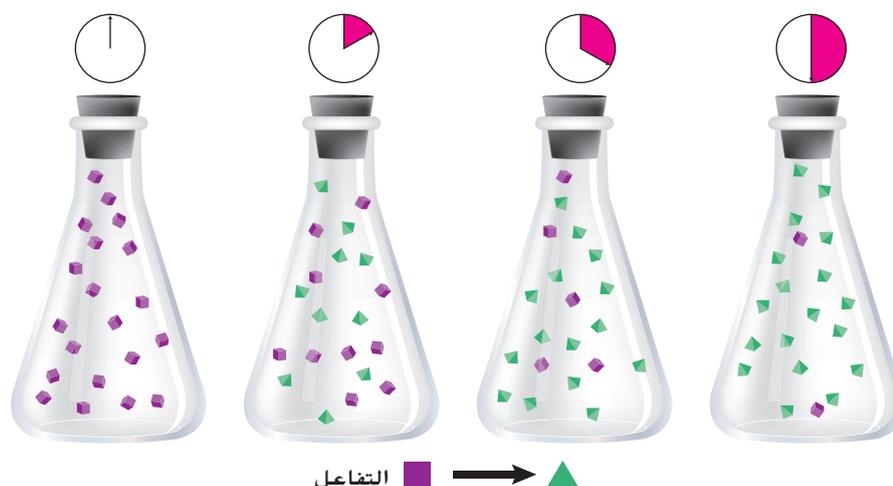
فكر في كيف يمكنك التعبير عن سرعة أو معدل حركة جسم معين. عداد سرعة السيارة الموضح في **الشكل 1** يوضح أن السيارة تتحرك بسرعة 280 km/h. يمكن التعبير عن سرعة العداء على مضمار السباق بالأمتار في الثانية (m/s). وعمومًا، فإن متوسط السرعة لحركة أو عملية معينة يُعرّف بأنه التغير في كمية معلومة في فترة زمنية محددة. تذكر من دراستك للرياضيات أن الحرف اليوناني دلتا (Δ) قبل كمية معينة يشير إلى تغير في هذه الكمية. في صيغة المعادلة، تتم كتابة متوسط السرعة أو السرعة كما يلي:

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\Delta \text{الكمية}}{\Delta t}$$



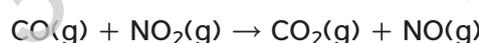
■ **الشكل 2** بمرور الزمن، تتغير المادة المتفاعلة إلى ناتج. يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الكيميائي بأنه تغير في عدد مولات المادة المتفاعلة أو الناتج أثناء فترة زمنية معينة.

احسب سرعة التغير لكل فترة زمنية.



الشكل 2 يوضح كيفية استمرار التفاعل وتحول المادة المتفاعلة إلى الناتج مع مرور الزمن. لاحظ أن كمية المادة المتفاعلة تنخفض بزيادة كمية الناتج. إذا علمت التغير في ناتج معين أو في مادة متفاعلة أثناء فترة زمنية معينة، فيمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل. يهتم الكيميائيون في الغالب بالتغيرات الناتجة في التركيز المولاري (mol/L) لمادة متفاعلة أو ناتج معين أثناء التفاعل. وبالتالي، فإن **معدل التفاعل** لتفاعل كيميائي هو التغير في تركيز مادة متفاعلة أو ناتج معين في وحدة الزمن ويتم التعبير عنه عمومًا بالوحدة $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$. الأتواس حول الصيغة الكيميائية للمادة تدل على تركيزها المولاري. على سبيل المثال، $[\text{NO}_2]$ يمثل التركيز المولاري للمركب NO_2 . تحدد سرعة التفاعل تجريبيًا بقياس تراكيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة طوال فترة استمرار التفاعل الكيميائي الفعلي. لا يمكن حساب سرعة التفاعلات من المعادلات الموزونة.

افتراض أنك تريد التعبير عن متوسط سرعة التفاعل التالي أثناء المدة الزمنية التي تبدأ عند الزمن t_1 وتنتهي عند الزمن t_2 .



عند حساب سرعة تكوّن النواتج تكون سرعة التفاعل موجبة القيمة. حساب السرعة بناءً على إنتاج NO له الصيغة التالية:

$$\text{Rate} = \frac{[\text{NO}]_{t_2} - [\text{NO}]_{t_1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t}$$

على سبيل المثال، إذا كان تركيز NO هو 0.000 M عند الزمن $t_1 = 0.00 \text{ s}$ و 0.010 M بعد ثانيتين من بدء التفاعل، فإن الحساب التالي يعطي متوسط سرعة التفاعل المعبر عنه بمولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية.

$$\begin{aligned} \text{Rate} &= \frac{0.010 \text{ M} - 0.000 \text{ M}}{2.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \\ &= \frac{0.010 \text{ M}}{2.00 \text{ s}} = 0.0050 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s}) \end{aligned}$$

لاحظ كيف تختصر الوحدات:

$$\frac{\text{M}}{\text{s}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{1}{\text{s}} = \frac{\text{mol}}{(\text{L} \cdot \text{s})}$$

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل

الاستخدام العام

التركيز concentration

الاستخدام العلمي: قياس كمي

لمقدار الذائب في مقدار معلوم من

الذائب أو المحلول

تركيز المحلول ستة مولات في اللتر.

الاستخدام العام: تركيز الانتباه على

شيء أو غرض واحد

كان تركيز الجمهور موجهًا بالكامل إلى

الممثل.

يمكنك أيضًا اختيار التعبير عن سرعة التفاعل بأنه السرعة التي عندها يتم استهلاك CO كما هو موضح أدناه.

$$\text{Rate} = \frac{[\text{CO}]_{t_2} - [\text{CO}]_{t_1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[\text{CO}]}{\Delta t}$$

هل تتوقع قيمة موجبة أم سالبة لسرعة التفاعل هذا؟ في هذه الحالة، تشير القيمة السالبة إلى أن تركيز CO ينخفض كلما استمر التفاعل. ومع ذلك، فإن سرعة التفاعلات يجب أن تكون موجبة دائمًا. عندما يتم قياس السرعة باستهلاك مادة متفاعلة، فإن العلماء يضعون علامة سالبة بجوار الحساب للحصول على سرعة تفاعل موجبة القيمة. وبالتالي، يتم استخدام الشكل التالي لمعادلة متوسط السرعة لحساب سرعة استهلاك المادة المتفاعلة.

معادلة متوسط سرعة التفاعل

$$\text{Rate} = - \frac{\Delta[\text{reactant}]}{\Delta t}$$

$\Delta[\text{reactant}]$ تمثل التغير في تركيز مادة متفاعلة.

Δt تمثل التغير في الزمن.

متوسط سرعة التفاعل لاستهلاك مادة متفاعلة هو التغير السالب في تركيز المادة المتفاعلة مقسومًا على التغير في الزمن.

مثال 1

حساب متوسط سرعة التفاعل في تفاعل بين كلوريد البيوتيل ($\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$) والماء، كان تركيز $0.220 \text{ M C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ عند بدء التفاعل. وبعد مرور 4.00 s كان تركيز $0.100 \text{ M C}_4\text{H}_9\text{Cl}$. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال الفترة الزمنية المعلومة بوحدة $\text{mol/L}\cdot\text{s}$.

1 تحليل المسألة

أنت تعلم التركيز الابتدائي والنهائي للمادة المتفاعلة $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ والزمن الابتدائي والنهائي. يمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي باستخدام التغير في تركيز كلوريد البيوتيل في أربع خطوات.

معلوم	مجهول
$t_1 = 0.00 \text{ s}$	متوسط سرعة التفاعل = ؟ $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$
$t_2 = 4.00 \text{ s}$	
$[\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_1} = 0.220 \text{ M}$	
$[\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_2} = 0.100 \text{ M}$	

2 حساب المجهول

$$\begin{aligned} \text{Rate} &= \frac{[\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_2} - [\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}]_{t_1}}{t_2 - t_1} \\ &= \frac{0.100 \text{ M} - 0.220 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \\ &= \frac{0.100 \text{ mol/L} - 0.220 \text{ mol/L}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \end{aligned}$$

$$\text{Rate} = \frac{0.120 \text{ mol/L}}{4.00 \text{ s}} = 0.0300 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

3 تقييم الإجابة

متوسط سرعة تفاعل $0.0300 \text{ mol}/\text{L}\cdot\text{s}$. منطقي بناءً على الكميات التي بدأ التفاعل وانتهى بها. تم التعبير عن الإجابة بشكل صحيح بثلاثة أرقام معنوية.

اكتب معادلة متوسط سرعة التفاعل.

عوّض عن التركيز الابتدائي والنهائي وعن الزمن الابتدائي والنهائي.

عوّض بوحدة mol/L عن M وقم بالحسابات. لاحظ إلغاء علامة السالب.

استخدم البيانات في الجدول التالي لحساب متوسط سرعة التفاعل.

بيانات تجريبية للتفاعل $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$			
[HCl] (M)	[Cl ₂] (M)	[H ₂] (M)	الزمن (s)
0.000	0.050	0.030	0.00
	0.040	0.020	4.00

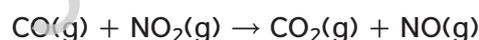
1. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بمولات H₂ التي يتم استهلاكها في اللتر الواحد لكل الثانية.
2. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بمولات Cl₂ التي يتم استهلاكها في اللتر الواحد لكل الثانية.
3. تحدي إذا كان متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات HCl الناتجة يساوي 0.0050 mol/L·s، فما تركيز HCl بعد 4.00 s؟

نظرية التصادم

هل شاهدت من قبل أطفالاً يحاولون ضرب وعاء من الحلوى معلق؟ مع كل ضربة بالعصا يمكن أن ينتج عنها تفريغ وعاء الحلوى من بعض محتوياتها، كما هو موضح في الشكل 3. المواد المتفاعلة في تفاعل كيميائي يجب أيضاً أن تتصادم لكي تنتج النواتج. الشكل 3 يمثل أيضاً تفاعلاً بين الجزيئات A₂ و B₂ لتكون AB. يجب أن تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لكي تتفاعل وتنتج جزيئات AB. الشكل عبارة عن توضيح لنظرية التصادم والتي تنص على أن الذرات والأيونات والجزيئات يجب أن تتصادم لكي يحدث تفاعل بينها.

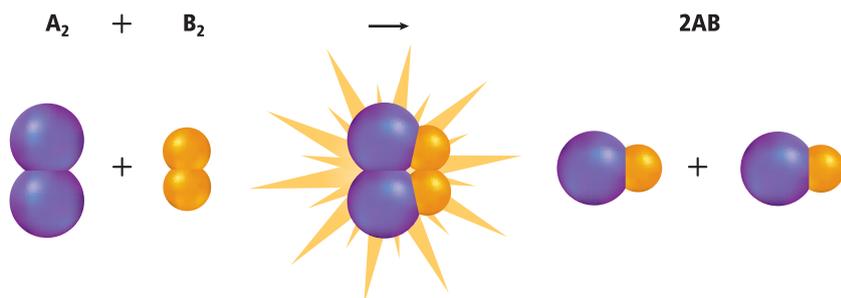
التأكد من فهم النص تنبأ لماذا يكون التصادم بين الجسيمات ضرورياً لحدوث التفاعل.

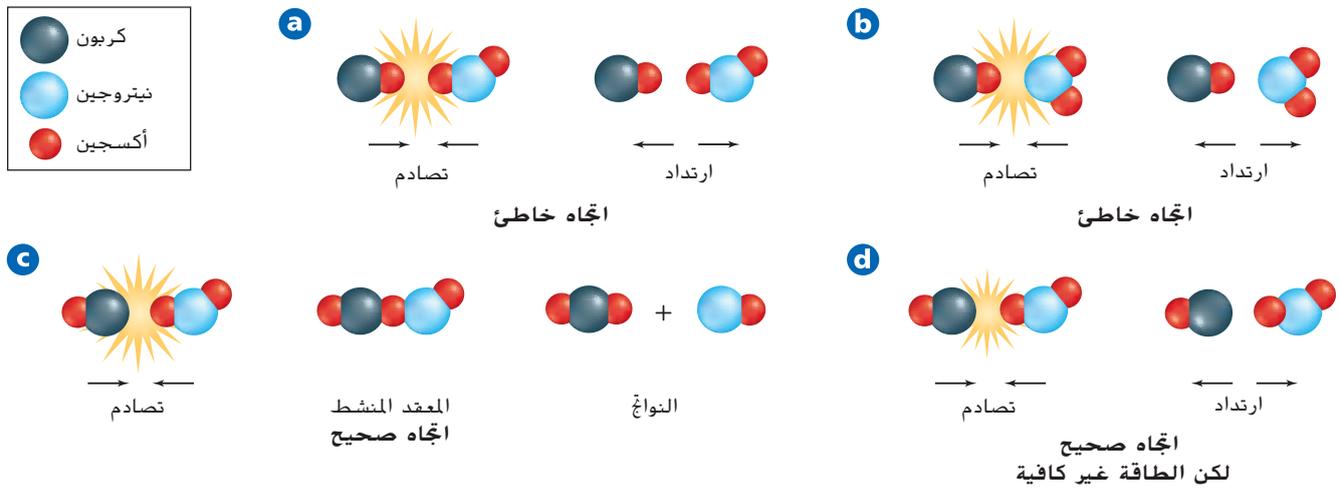
انظر إلى التفاعل بين غاز أول أكسيد الكربون (CO) وغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) عند درجة حرارة أعلى من 500 K.



تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) وغاز أول أكسيد النيتروجين (NO). ومع ذلك، فإنه عند حساب عدد الاصطدامات بين الجسيمات في الثانية الواحدة تؤدي إلى نتيجة محيرة، حيث ينتج جزء صغير فقط من الاصطدامات النواتج.

الشكل 3 مثلما يجب أن تضرب العصا وعاء الحلوى بقوة كافية لكسرها وفتحها، فإن الجسيمات في التفاعلات الكيميائية يجب أن تتصادم بمقدار كافٍ من الطاقة لكي يحدث التفاعل.





الشكل 4 هذا الشكل يوضح أربعة احتمالات مختلفة للتصادم بين جزيئات CO وجزيئات NO₂. لا ينتج عن التصادمات في a و b تفاعل لأن الجزيئات ليست في وضع يسمح لها بتكوين الروابط. تصادم الجزيئات في c في الاتجاه الصحيح ويحدث التفاعل. على الرغم من أن الجزيئات في d تقع أيضًا في الاتجاه الصحيح، إلا أن ليس لديها طاقة كافية لحدوث التفاعل.

■ **الشكل 4** هذا الشكل يوضح أربعة احتمالات مختلفة للتصادم بين جزيئات CO وجزيئات NO₂. لا ينتج عن التصادمات في a و b تفاعل لأن الجزيئات ليست في وضع يسمح لها بتكوين الروابط. تصادم الجزيئات في c في الاتجاه الصحيح ويحدث التفاعل. على الرغم من أن الجزيئات في d تقع أيضًا في الاتجاه الصحيح، إلا أن ليس لديها طاقة كافية لحدوث التفاعل.

■ **الاتجاه التصادم والمعقد المنشط** لماذا تخفق معظم التصادمات في إنتاج النواتج؟ ما العوامل الأخرى التي يجب مراعاتها؟ الشكلان 4a و 4b يعرضان إجابة واحدة ممكنة لهذا السؤال. تشير هذه التوضيحات إلى أنه من أجل أن ينتج عن تصادم معين تفاعل ما، فإن ذرة الكربون في جزيء CO يجب أن تلامس ذرة أكسجين في جزيء NO₂ عند التصادم. هذه هي الطريقة الوحيدة التي من خلالها يمكن أن تتكون رابطة مؤقتة بين ذرة الكربون وذرة الأكسجين. التصادمات الموضحة في الشكلين 4a و 4b لا تؤدي إلى تفاعلات لأن الجزيئات تصادم في اتجاهات غير صحيحة. لا تلامس ذرة الكربون ذرة الأكسجين فور التصادم وبالتالي فإن الجزيئات أعادت ارتباطها ببساطة.

عندما يكون اتجاه الجزيئات المتصادمة صحيحًا، كما هو موضح في الشكل 4c، يمكن أن يحدث التفاعل. تتحول ذرة الأكسجين من جزيء NO₂ إلى جزيء CO. عندما يحدث ذلك، يتشكل مكون له عمر قصير يسمى بالمعقد المنشط ويكون في هذه الحالة OCONO. **المعقد المنشط**، يسمى في بعض الأحيان الحالة الانتقالية وهو عبارة عن ترتيب مؤقت وغير مستقر للذرات حيث تنكسر فيه الروابط القديمة وتتشكل روابط جديدة. ونتيجة لذلك، قد يشكل المعقد المنشط نواتج أو قد يتفكك ليعيد تشكيل المواد المتفاعلة.

طاقة التنشيط وسرعة التفاعل التصادم الموضح في الشكل 4d لا يؤدي إلى تفاعل وذلك لسبب مختلف - الطاقة غير كافية. وتماثلًا مثل وعاء الحلوى الذي لا ينكسر إلا إذا ضربته بقوة كافية، لا يحدث تفاعل بين جزيئات CO و NO₂ ما لم تصادم بطاقة كافية. الحد الأدنى من الطاقة الذي يجب أن تحتوي عليه الجسيمات المتفاعلة لتشكل المعقد المنشط والحصول على تفاعل يسمى **طاقة التنشيط** (E_a). **الجدول 1** يلخص الحالات التي يمكن فيها للجسيمات المتصادمة أن تتفاعل.

يشير ارتفاع E_a إلى أن عدد قليل من التصادمات يكون لديها الطاقة المطلوبة لإنتاج المعقد المنشط وتكون سرعة التفاعل بطيئة. ويعني انخفاض E_a أن المزيد من التصادمات لديه طاقة كافية للتفاعل وتكون سرعة التفاعل كبيرة. فُكر في هذه العلاقة وأنت تتخيل شخصًا ما يدفع عربة صاعدًا بها التل. إذا كان التل مرتفعًا، فإن مقداراً كبيراً من الطاقة يكون مطلوباً لتحريك العربة وقد يستغرق الأمر وقتاً طويلاً لتوصيلها إلى قمة التل. إذا كان التل منخفضاً، يكون مقدار الطاقة المطلوب أقل ويمكن أن تتم المهمة بشكل أسرع.

الجدول 1 ملخص نظرية التصادم

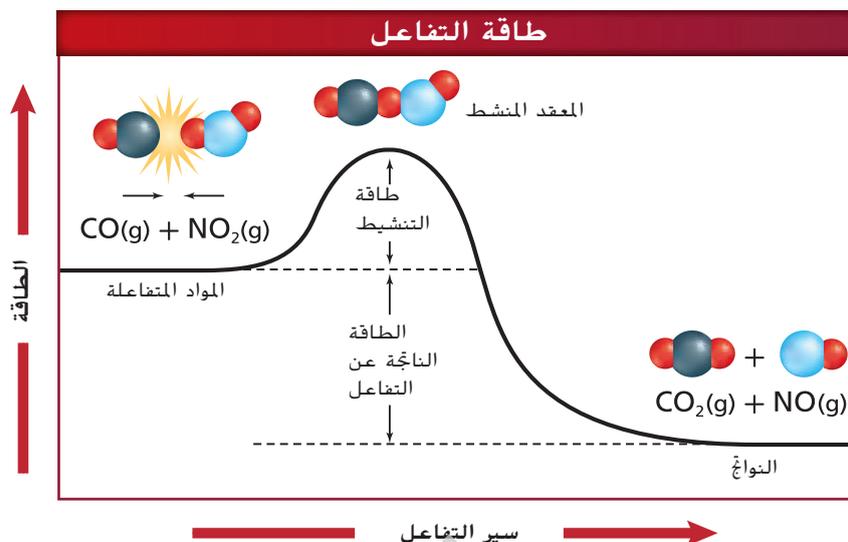
1. يجب حدوث تصادم بين المواد المتفاعلة (الذرات أو الأيونات أو الجزيئات).

2. يجب أن تصادم المواد المتفاعلة في الاتجاه الصحيح.

3. يجب أن تصادم المواد المتفاعلة بطاقة كافية لتشكل معقدًا منشطًا.

■ **الشكل 5** عندما يحدث تفاعل طارد للحرارة، تتصادم الجزيئات بطاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط. وتكوّن الجزيئات معقدًا نشطًا، ثم تطلق الطاقة وتكوّن النواتج عند مستوى أقل من الطاقة.

■ **التأكد من فهم الرسم البياني**
فسّر كيف يمكنك أن تعرف من الرسم البياني أن التفاعل المذكور تفاعل طارد للحرارة.

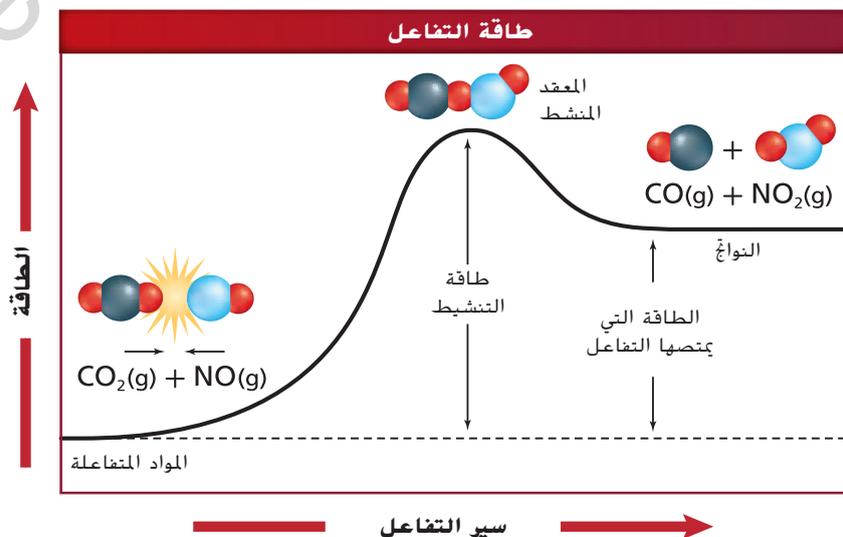


■ **الشكل 5** يوضح مخطط الطاقة لسير التفاعل بين أول أكسيد الكربون وثنائي أكسيد النيتروجين. يعرض هذا المخطط طاقة تنشيط التفاعل. يمكن اعتبار طاقة التنشيط بمثابة الحاجز الذي يجب على المواد المتفاعلة أن تعبره لتكوّن النواتج. وفي هذه الحالة، فإن جزيئات CO و NO₂ تتصادم بطاقة كافية للتغلب على هذا الحاجز وتكوّن النواتج عند مستوى أقل من الطاقة. تذكر أن التفاعلات التي تفقد الطاقة تسمى بالتفاعلات الطاردة للحرارة.

بالنسبة إلى كثير من التفاعلات، فإن العملية من المواد المتفاعلة إلى النواتج قابلة للانعكاس. **الشكل 6** يوضح التفاعل العكسي الماص للحرارة بين CO₂ و NO لإعادة تكوين CO و NO₂. وفي هذا التفاعل، تكون المواد المتفاعلة عند مستوى طاقة منخفض. ويجب أن تتغلب على طاقة تنشيط كبيرة لإعادة تكوين CO و NO₂. ويتطلب ذلك إدخال طاقة أكبر من التفاعل الأمامي. وإذا حدث هذا التفاعل العكسي، CO و NO₂ سيتكونان مرة أخرى عند مستوى أعلى من الطاقة.

■ **الشكل 6** في التفاعل العكسي، الماص للحرارة، تكون جزيئات المواد المتفاعلة عند مستوى من الطاقة أقل من ذلك الذي تكون عنده النواتج. ولكي تتفاعل المواد المتفاعلة، يجب أن تمتص طاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط وتشكل نواتج ذات طاقة أكبر.

■ **التأكد من فهم الرسم البياني**
قارن بين الشكلين 5 و 6 لتحديد ما إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي أكبر أم أصغر من طاقة التنشيط للتفاعل العكسي.



مختبر حل المشكلات

تفسير البيانات

كيف تتغير سرعة التفكك مع مرور الزمن؟ يتفكك المركب خامس أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O_5) في الهواء وفقاً للمعادلة



من خلال معرفة سرعة التفكك يمكن تحديد تركيز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين في أي وقت.

التحليل

يوضح الجدول نتائج تجربة تم فيها قياس تركيز N_2O_5 خلال فترات زمنية محددة عند ضغط جوي عادي ودرجة حرارة $45^\circ C$.

التفكير الناقد

1. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال كل من الفترات الزمنية التالية:

0-20 min و 40-60 min و 80-100 min

سرعة برقم موجب وبوحدات المول المستهلكة من المركب N_2O_5 في اللتر الواحد في الدقيقة الواحدة.

[N_2O_5] (mol/L)	الزمن (min)
0.01756	0
0.00933	20.0
0.00531	40.0
0.00295	60.0
0.00167	80.0
0.00094	100.0

2. فسّر احسب سرعة التفاعل لكل فترة زمنية بوحدة عدد المولات من المركب NO_2 الناتجة للتر الواحد في الدقيقة الواحدة. استخدم معادلة التفاعل لتفسير العلاقة بين هذه السرعات والسرعات المحسوبة في السؤال 1.
3. فسّر البيانات وحساباتك في وصف الكيفية التي يتغير بها متوسط سرعة تفكك N_2O_5 مع مرور الزمن.
4. طبق نظرية التصادم لمعرفة لماذا تتغير سرعة التفاعل.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- تُعرف سرعة التفاعل الكيميائي بأنها السرعة التي يتم فيها استهلاك المادة المتفاعلة أو السرعة التي تتكون فيها مادة ناتجة.
- يتم حساب سرعة التفاعل عمومًا ويُعبر عنها بوحدات المول لكل لتر في الثانية ($mol/(L \cdot s)$).
- لكي تتفاعل الجسيمات في تفاعل كيميائي، فإنها يجب أن تتصادم.

4. الفكرة الرئيسية اربط بين نظرية التصادم وسرعة التفاعل.
5. فسّر ما الذي ندل عليه سرعة التفاعل في تفاعل كيميائي معين؟
6. قارن بين تراكيز المواد المتفاعلة والنواتج خلال فترة تفاعل كيميائي (بافتراض عدم إضافة مواد متفاعلة إضافية).
7. قارن بين متوسط سرعة التفاعل الذي تم قياسه، خلال فترة زمنية قصيرة، مع المتوسط الذي تم قياسه خلال فترة زمنية طويلة.
8. صف العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل.
9. لخص ما الذي يحدث أثناء الوجود قصير المدة لمعقد منشط.
10. طبق نظرية التصادم لتفسير لماذا لا ينتج دائمًا عن التصادمات بين جسيمين متفاعلين نواتج.
11. قارن بين طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي للطارد للحرارة وطاقة التنشيط للتفاعل العكسي الماص للحرارة لتفاعل انعكاسي.
12. احسب متوسط سرعة التفاعل بين الجزيئات الافتراضية A و B إذا كان تركيز A يتغير من 1.00 M إلى 0.50 M في 2.00 s.

Online Learning
Term 3 AY 19/20

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

القسم 2

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل مثل طبيعة المواد المتفاعلة والتركيز ودرجة الحرارة ومساحة السطح والحقّازات على سرعة التفاعل الكيميائي.

في رأيك ما هي السرعة التي ينتشر بها حريق في الغابة إذا كانت الأشجار بعيدة جداً عن بعضها أو كان الخشب رطباً؟ وبالمثل، فإن سرعة التفاعل الكيميائي تعتمد على عدد من العوامل التي تشمل تراكيز المواد المتفاعلة وخصائصها الفيزيائية.

الكيمياء في حياتك

طبيعة المواد المتفاعلة

بعض المواد أكثر استعداداً للتفاعل من المواد الأخرى. على سبيل المثال، كل من النحاس والخرارصين من الفلزات ولهما خصائص فيزيائية متشابهة بسبب موقعهما في الجدول الدوري. إلا أنهما يتفاعلان عند سرعات مختلفة عند وضعهما في محاليل مائية لنيترات الفضة متساوية التركيز. عند وضع لوح نحاسي في 0.05 M من نيترات الفضة، كما هو موضح في الشكل 8a، فإن نيترات الفضة والنحاس يتفاعلان لتكوّن فلز الفضة ومحلول نيترات النحاس (II). عندما يتم وضع لوح خارصين في 0.05 M من نيترات الفضة، كما هو موضح في الشكل 8b، فإن الخارصين ونيترات الفضة يتفاعلان لتكوين فلز الفضة ومحلول نيترات الخارصين. يمكنك ملاحظة أن التفاعلات متشابهة. ومع ذلك، فإن بين كميات الفضة المتكوّنة في الصورتين والتي تم التقاطها بعد انقضاء نفس العدد من الدقائق. الشكل 8 يوضح تكوين المزيد من الفضة في تفاعل الخارصين ونيترات الفضة عنه في تفاعل النحاس ونيترات الفضة. تفاعل الخارصين مع نيترات الفضة يحدث بشكل أسرع لأن الخارصين أكثر نشاطاً كيميائياً.

الأسئلة الرئيسية

- ما العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الكيميائية؟
- ما دور الحقّاز؟

مراجعة المفردات

التركيز concentration: قياس كمي لمقدار من المذاب في مقدار معلوم من المذيب أو المحلول

المفردات الجديدة

حقّاز catalyst
مثبط inhibitor
حقّاز غير متجانس heterogeneous catalyst
حقّاز متجانس homogeneous catalyst



لوح الخارصين في محلول نيترات الفضة



لوح النحاس في محلول نيترات الفضة

■ الشكل 8 الخارصين أكثر تفاعلية من النحاس، حيث يتفاعل مع نيترات الفضة أسرع من تفاعل النحاس معها. اكتب المعادلات الموزونة للتفاعلات على اليسار.

■ **الشكل 9** اللهب الأكثر وميضًا في الوعاء المحتوي على كمية أكبر من الأكسجين يدل على زيادة في سرعة التفاعل. التركيز الأعلى من الأكسجين مسؤول عن التفاعل الأسرع.



تشتعل الشمعة أكثر سرعة لأن الوعاء يحتوي على 100% من الأكسجين تقريبًا.

تركيز الأكسجين في الهواء المحيط بالشمعة حوالي 20%.

التركيز

المطويات
اكتب معلومات من هذا القسم في مطوبتك.

من الطرائق التي يمكن أن يستخدمها الكيميائيون لتغيير سرعة التفاعل هي تغيير تراكيز المواد المتفاعلة. تذكر أن نظرية التصادم تنص على أن الجسيمات يجب أن تتصادم لكي تتفاعل. كلما زاد عدد الجسيمات ازداد عدد مرات التصادم. فكّر في السيارات الكهربائية في مدينة الملاهي. عندما يكون هناك الكثير من السيارات قيد التشغيل، فإن عدد التصادمات يزداد. والشيء نفسه صحيح مع التفاعل الذي تتحد فيه المادة المتفاعلة A مع المادة المتفاعلة B. بتراكيز معلومة من A و B، جسيمات A و B تتصادم لإنتاج AB عند سرعة تفاعل معينة. ما الذي يحدث إذا زاد تركيز B؟ تتصادم جسيمات A مع جسيمات B بشكل أكثر تكراراً نظراً لتوفر المزيد من جسيمات B. زيادة عدد التصادمات يزيد من سرعة التفاعل بشكل كامل.

✓ **التأكد من فهم النص** **تنبأ** ما الذي يحدث لسرعة التفاعل إذا زاد تركيز A؟

انظر إلى التفاعلات الموضحة في **الشكل 9**. الشمع الذي تتكون منه الشمعة يحترق في الصورة الأولى، تحترق الشمعة في الهواء. كيف يمكن مقارنة ذلك مع الصورة الثانية والتي تظهر فيها الشمعة المشتعلة داخل وعاء يحتوي على أكسجين بنسبة 100% تقريباً أي خمسة أضعاف تركيز الأكسجين في الهواء تقريباً؟ طبقاً لنظرية التصادم، فإن التركيز العالي للأكسجين يزيد من عدد التصادمات بين جزيئات الشمع في الشمعة وجزيئات الأكسجين. ونتيجة لذلك، فإن سرعة التفاعل تزداد، مما ينتج عنه لهب أكبر وأكثر وميضاً.

مساحة السطح

والآن افترض أنك وضعت قطعةً ملتهبةً من الفولاذ في دورق يحتوي على غاز الأكسجين وحزمة ملتهبة من الصوف الفولاذي في دورق آخر يحتوي على غاز الأكسجين. ما وجه الاختلاف بينهما؟ سيتفاعل الأكسجين مع قطعة الفولاذ الملهبة بدرجة أكثر بطئاً بكثير مما سيكون عليه التفاعل مع الصوف الفولاذي. باستخدام ما تعرفه عن نظرية التصادم، هل يمكنك أن تشرح السبب؟ أنت على صواب إذا قلت ذلك، الكتلة نفسها من الحديد، إلا أن الصوف الفولاذي له مساحة سطح أكبر من قطعة الفولاذ. مساحة السطح الأكبر في الصوف تسمح لجزيئات الأكسجين بالتصادم مع الكثير جداً من ذرات الحديد في وحدة الزمن.

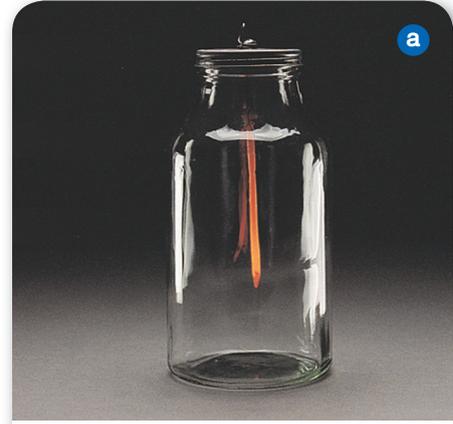
بالنسبة للكتلة نفسها، يتميز الكثير من الجسيمات الصغيرة فيها بمساحة سطح إجمالية أكبر من الجسم الواحد الكبير. على سبيل المثال، لاحظ التفاعلات الموضحة في **الشكل 10**. المسامير الساخن يتوهج بوجود الأكسجين في **الشكل 10a**، إلا أن الكتلة نفسها من الصوف الفولاذي في **الشكل 10b** تتفجر إلى أسنة من اللهب. زيادة مساحة سطح مادة متفاعلة يسرّع من سرعة التفاعل بزيادة عدد التصادمات بين الجسيمات المتفاعلة.

درجة الحرارة

تؤدي زيادة درجة حرارة تفاعل معين من سرعة التفاعل. على سبيل المثال، أنت تعلم أن التفاعل الذي يسبب فساد الطعام يحدث بشكل أسرع في درجة حرارة الغرفة مما لو كان الطعام في الثلاجة. الرسم البياني في **الشكل 11** يوضح أن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10 K يمكن أن يضاعف تقريباً من سرعة التفاعل. كيف يمكن لمثل هذه الزيادة الصغيرة في درجة الحرارة أن يكون لها تأثير ملحوظ؟

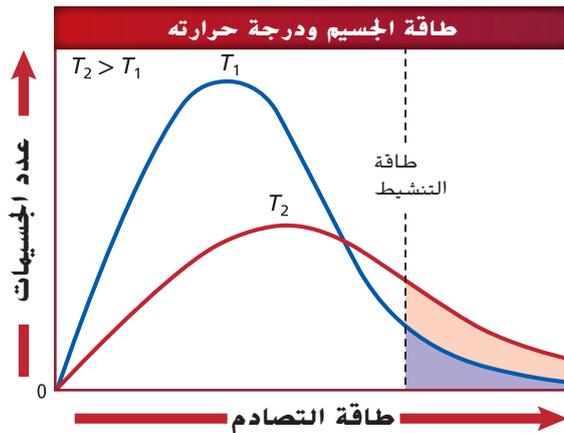
تذكر أن زيادة درجة الحرارة لمادة ما يزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات المكونة للمادة. ولهذا السبب، فإن الجسيمات المتفاعلة تتصادم بشكل أكثر تكراراً عند درجات الحرارة الأعلى من درجات الحرارة الأقل. ومع ذلك، فإن هذه الحقيقة وحدها غير مسؤولة عن زيادة سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة. المهم كيف تختلف سرعة التفاعل بسبب درجة الحرارة، تفحص الرسم البياني الثاني في **الشكل 11**. يقارن هذا الرسم البياني بين أعداد الجسيمات ذات الطاقة الكافية للتفاعل عند درجتي الحرارة T_1 و T_2 ، حيث T_2 أكبر من T_1 . يشير الخط المنقطع إلى طاقة التنشيط (E_a) للتفاعل. المساحة المظللة تحت كل منحنى تمثل عدد التصادمات والتي تساوي طاقتها طاقة التنشيط أو تزيد عنها. ما هي أوجه المقارنة بين المساحات المظللة؟ عدد التصادمات عالية الطاقة عند درجة الحرارة الأعلى T_2 أكبر من عدد التصادمات عند درجة الحرارة الأقل T_1 . وبالتالي، فإنه مع زيادة درجة الحرارة، يزداد عدد التصادمات التي تؤدي إلى حدوث تفاعل.

✓ **التأكد من فهم الرسم البياني** حدد سرعة التفاعل النسبية عند 325 K.



■ **الشكل 10** مساحة السطح الأكبر للصوف الفولاذي تعني أنه يمكن حدوث المزيد من التصادمات بين الفلز والأكسجين.

■ **الشكل 11** زيادة درجة حرارة أحد التفاعلات يزيد من عدد التصادمات وبالتالي سرعة التفاعل. أيضاً، فإن زيادة درجة الحرارة تزيد أيضاً من الطاقة الحركية للجسيمات. الكثير من التصادمات عند درجات الحرارة العالية تكون ذات طاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط وتؤدي إلى حدوث التفاعل.



تجربة مصفرة

5. كرر الخطوتين 3 و 4، ولكن بعد تسخين 50 mL من الماء حتى درجة حرارة 50°C على سخان كهربائي. حافظ على درجة الحرارة هذه طوال العملية.

التحليل

1. حدد الكتلة الأولية، والكتلة النهائية، و t_1 و t_2 لكل محاولة.
2. احسب سرعة التفاعل عن طريق إيجاد كتلة المادة المتفاعلة المستهلكة في الثانية الواحدة في كل محاولة.
3. صف العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة لهذا التفاعل.
4. قنّباً بسرعة التفاعل إذا تم التفاعل عند درجة حرارة 40°C وشرح الأساس الذي بنيت عليه ذلك. للتحقق من تنبؤك، كرر التفاعل عند درجة حرارة 40°C باستخدام قطعة أخرى من القرص الفوار.
5. قيّم ما مدى صدق تنبؤاتك عن سرعة التفاعل عند 40°C مقارنةً بسرعة التفاعل التي تم قياسها.

دراسة العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة

ما هو تأثير درجة الحرارة على تفاعل كيميائي محدد؟



1. اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
2. قسم قرص فوار إلى أربع قطع متساوية.
3. استخدم ميزاناً لقياس كتلة القطعة الواحدة من القرص. قس 50 mL من الماء عند درجة حرارة الغرفة (تقريباً 20°C) وضعها في كأس سعة 250 mL. استخدم ثيرموميتر لقياس درجة حرارة الماء.
4. باستخدام ساعة إيقاف أو ساعة عادية وعندما تكون مستعداً، أضف قطعة القرص إلى الماء. سجل مقدار الزمن المنقضي بين اصطدام قطعة القرص بالماء وذوبانها بالكامل.

الكيمياء في الحياة اليومية

عزل الأكسجين



حفظ الغذاء الأغذية غالباً ما تفسد لأنها تتفاعل مع الأكسجين. توجد طرق كثيرة لحفظ الغذاء طازجاً وذلك بالعزل عن الأكسجين. على سبيل المثال، ثمار التفاح المخزنة في جو من ثاني أكسيد الكربون يمكن حفظها طازجة لمدة طويلة بعد الحصاد. الأغذية مثل الفشار والمكسرات غالباً ما يتم تعبئتها في جو من غاز غير نشط كيميائياً مثل النيتروجين أو الأرجون.

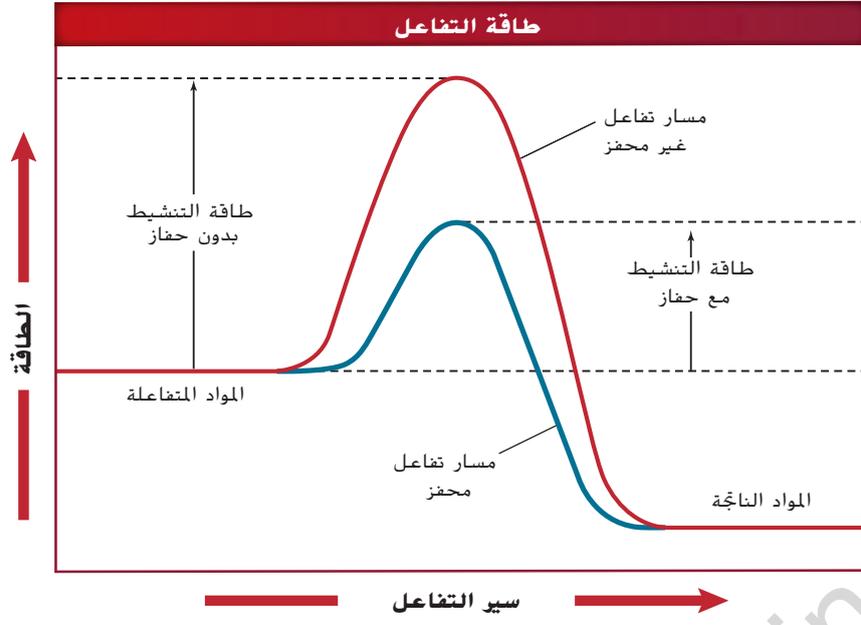
الحفّازات والمثبطات

تؤثر درجة حرارة المواد المتفاعلة وتركيزها على سرعة التفاعل ولكن الزيادة في درجة الحرارة ليست دائماً هي الأفضل أو ليست بالشئ العملي الأكثر من غيره. على سبيل المثال، افترض أنك تريد زيادة سرعة تفكك الجلوكوز في خلية حية. زيادة درجة الحرارة أو تركيز المواد المتفاعلة ليس من الخيارات لأن القيام بذلك قد يضر الخلية أو يقتلها.

الحفّازات لن يحدث الكثير من التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية بسرعة كافية لاستمرار الحياة في ظل درجات الحرارة العادية ما لم توجد الإنزيمات. الإنزيم هو أحد أنواع **الحفّازات** وهو مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي بدون استهلاكها في التفاعل. يتم استخدام الحفّازات بكثرة في التصنيع لأن الإنتاج السريع لكميات إضافية من المنتج يخفض تكلفته. لا يزيد الحفّاز من كمية الإنتاج ولا تشتمل عليه المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة. وبالتالي، فإن الحفّازات لا يتم تضمينها في المعادلات الكيميائية.

المثبطات هي نوع آخر من المواد التي تؤثر على سرعة التفاعل يسمى المثبط. وعلى النقيض من الحفّاز والذي يسرّع من سرعة التفاعل، فإن **المثبط** عبارة عن مادة تبطئ من سرعة التفاعل أو تثبط التفاعلات. بعض المثبطات تمنع التفاعل من الحدوث على الإطلاق.

كيف تعمل الحفّازات والمثبطات يعمل الحفّاز على التقليل من طاقة التنشيط المطلوبة لتفاعل أن يحدث عند درجة حرارة معلومة. تذكر أن طاقة التنشيط المنخفضة تعني أن المزيد من التصادمات بين الجسيمات سوف تكون ذات طاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط وإحداث التفاعل. بالتقليل من طاقة التنشيط، يزيد الحفّاز من متوسط سرعة التفاعل.



■ **الشكل 12** طاقة التنشيط للتفاعل المحفز أقل من تلك الخاصة بالتفاعل غير المحفز. وبالتالي، فإن التفاعل المحفز ينتج نواتج بسرعة أعلى مما يفعله التفاعل غير المحفز.

✓ **التأكد من فهم الرسم البياني**
حدد من الرسم البياني كيف يؤثر استخدام الحفاز على الطاقة المتحررة في التفاعل.

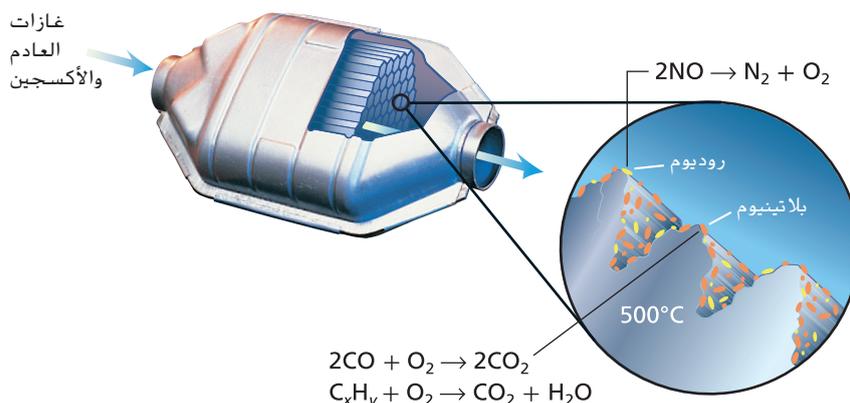
■ **الشكل 12** يعرض مخطط الطاقة لتفاعل كيميائي طارد للحرارة. يمثل الخط الأحمر مسار التفاعل بدون وجود حفاز. يمثل الخط الأزرق مسار التفاعل المحفز. لاحظ أن طاقة التنشيط للتفاعل المحفز أقل بكثير من تلك الخاصة بالتفاعل غير المحفز. يمكنك التفكير في طاقة التنشيط للتفاعل باعتبارها عقبة يجب تجاوزها، كما هو موضح في الشكل 13. وفي ذلك التشبيه، تكون الطاقة المطلوبة للحصان والفارس لتجاوز الحاجز الأدنى أقل بكثير من تلك المطلوبة لتجاوز الحاجز الأعلى. ويمكن أن تتفاعل المثبطات بأكثر من طريقة. بعض المثبطات تخلق مسارات الطاقة المنخفضة وبالتالي ترفع طاقة التنشيط للتفاعل. البعض الآخر يتفاعل مع الحفاز ويدمره أو يمتصه من أداء وظيفته في التفاعلات البيولوجية، قد يقيد المثبط حركة الإنزيم المحفز للتفاعل ويمنع حدوث التفاعل. في صناعة الأغذية، تسمى المثبطات مواد حافظة أو مضادات أكسدة. بعض المواد الحافظة آمنة ويمكن تناولها وتمنح الغذاء مدة صلاحية أطول.

■ **الشكل 13** طاقة التنشيط الأعلى قيمة تعني أن الجسيمات المتفاعلة يجب أن تتوفر لها المزيد من الطاقة لكي تتفاعل. يبذل الحصان والفارس القليل من الطاقة اللازمة للقفز من على الحاجز المنخفض. يجب توفر سرعة وطاقة أكبر لتجاوز الحاجز الأعلى.



■ **الشكل 14** محوّل تحفيزي من الداخل ومغطى بجسيمات من الروديوم والبلاتين. عند درجة حرارة 500°C، يحقّز الروديوم تحويل أكسيد النيتروجين (NO) إلى

نيتروجين (N₂) وأكسجين (O₂). يقوم البلاتين بتحفيز تحويل أول أكسيد الكربون (CO) إلى ثاني أكسيد الكربون (CO₂) ويقوم بتحويل أي جازولين غير محترق، ممثلاً في الصيغة C_xH_y، إلى ثاني أكسيد كربون وماء (H₂O).



الحقّازات المتجانسة وغير المتجانسة تمتاز السيارات الحديثة بوجود تقنيات لخفض التلوث الناتج من السيارات مثل المحولات الحفازة. **الشكل 14** يعرض التفاعلات داخل محوّل حقّاز يحوّل غازات العوادم الضارة إلى مواد غير ضارة. يتم تحويل أول أكسيد النيتروجين إلى نيتروجين وأكسجين، وأول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، والجازولين غير المحترق إلى ثاني أكسيد كربون وماء. وتعتبر أكاسيد الفلزات الانتقالية والفلزات أفضل الحقّازات فعالية في هذا النطاق مثل الروديوم والبلاتين. ولأن الحقّازات في المحوّل الحقّاز تكون في الحالة الصلبة والتفاعلات التي تقوم بتحفيزها تكون غازية، تسمى الحقّازات بالحقّازات غير المتجانسة. **الحقّاز غير المتجانس** يوجد في حالة فيزيائية مختلفة عن حالة المواد المتفاعلة في التفاعل الذي يقوم بتحفيزه. الحقّاز الذي يكون في الحالة الفيزيائية نفسها للمواد المتفاعلة في التفاعل الذي يقوم بتحفيزه يسمى **الحقّاز المتجانس**. في التجربة الاستهلاكية، استخدمت حثّازًا غير متجانس (الخميرة) لتسريع تفكك فوق أكسيد الهيدروجين. يمكن الحصول على النتيجة نفسها باستخدام محلول يوديد اليوتاسيوم (KI). أيونات اليود (aq) موجودة في نفس الحالة الفيزيائية لجزيئات فوق أكسيد الهيدروجين، وتقوم بوظيفة الحقّاز المتجانس في عملية التفكك.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- تشتمل العوامل الرئيسية التي تؤثر على سرعة التفاعلات الكيميائية على طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ومساحة السطح، ودرجة الحرارة والحقّازات.
- يزيد رفع درجة حرارة التفاعل عموماً من سرعة التفاعل حيث تزيد عدد التصادمات التي تكون المعقد المنشط.
- تزيد الحقّازات من سرعات التفاعلات الكيميائية عن طريق خفض طاقة التنشيط.

- الفكرة الرئيسية **فسّر** لماذا يتفاعل فلز المغنسيوم بسرعة أعلى من تفاعل الحديد مع حمض الهيدروكلوريك (HCl).
- فسّر** كيف تكون نظرية التصادم مسؤولة عن تأثير التركيز على سرعة التفاعل.
- قارن** بين الحقّاز والمثبط.
- صِف** التأثير على سرعة التفاعل إذا كانت إحدى المواد المتفاعلة في شكل مسحوق بدلاً من أن تكون في شكل كتلة صلبة واحدة.
- استدل** إذا كان رفع درجة حرارة تفاعل ما بمقدار 10 K يضاعف تقريباً سرعة التفاعل، فما هو تأثير رفع درجة الحرارة بمقدار 20 K؟
- ابحث** عن كيف يتم استخدام الحقّازات في الصناعة أو في الزراعة أو في معالجة تلوث التربة أو النفايات أو المياه الملوثة. اكتب تقريراً قصيراً يلخص النتائج التي توصلت إليها حول دور الحقّاز في أحد هذه التطبيقات.

قوانين سرعة التفاعل

القسم 3

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية محددة تجريبيًا بين سرعة التفاعل وتراكيز المواد المتفاعلة.

عندما يقوم راكب الدراجة بالانتقال من ترس السرعة الأولى إلى ترس السرعة الثانية، فإن الدراجة تقطع مسافة أكبر مع كل تبديلة. وبنفس الطريقة، عندما يزيد الكيميائي من تركيز مادة متفاعلة، فإن سرعة التفاعل تزداد.

الكيمياء في حياتك

كتابة قوانين سرعة التفاعل

في القسم 1، تعلمت كيفية حساب متوسط سرعة تفاعل كيميائي. الكلمة متوسطة مهمة لأن معظم التفاعلات الكيميائية تبطئ عند استهلاك المواد المتفاعلة ويتبقى جسيمات أقل عدداً لتتصادم. يحسب الكيميائيون النتائج الكمية لنظرية التصادم في معادلة تسمى قانون السرعة. **قانون السرعة** يعبر عن العلاقة بين سرعة تفاعل كيميائي وتركيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة محددة. على سبيل المثال التفاعل $A \rightarrow B$ عبارة عن تفاعل من خطوة واحدة. قانون السرعة لهذا التفاعل يعبر عنه كما يلي:

قانون السرعة لتفاعل من خطوة واحدة

$$\text{Rate} = k [A] \quad \text{[A] تمثل تركيز مادة التفاعل؛ } k \text{ هو الثابت، Rate تمثل السرعة.}$$

سرعة التفاعل من خطوة واحدة هي ناتج ضرب تركيز المادة المتفاعلة في الثابت.

الرمز k هو **ثابت السرعة النوعية** وهو قيمة عددية تقيم علاقة بين سرعة التفاعل وتراكيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة محددة. ثابت السرعة النوعية مميز لكل تفاعل وله وحدات قياس مختلفة مثل: s^{-1} أو $L^2/(mol^2 \cdot s)$ أو $L/(mol \cdot s)$. يجب تحديد قانون السرعة تجريبياً كما هو موضح في الشكل 15.

الأسئلة الرئيسية

- ما العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيز؟
- كيف تتحدد رتبة التفاعل باستخدام طريقة السرعات الابتدائية؟

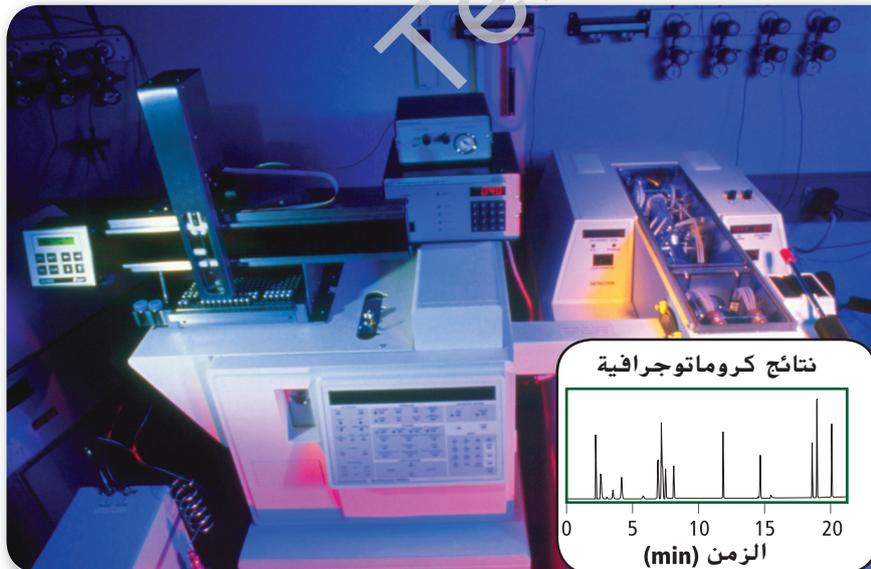
مراجعة المفردات

المادة المتفاعلة **reactant**: المادة البادئة للتفاعل الكيميائي

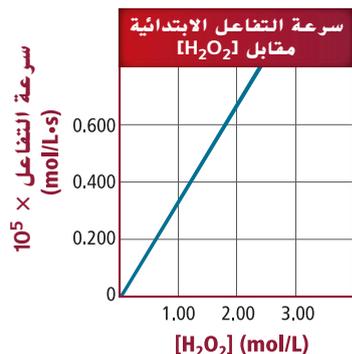
المفردات الجديدة

قانون السرعة rate law
ثابت السرعة النوعية specific rate constant
رتبة التفاعل reaction order
طريقة السرعات الابتدائية method of initial rates

■ **الشكل 15** كروماتوجرافيا الغاز هي تقنية يمكن استخدامها لتحديد سرعة التفاعل. لتحديد سرعة التفاعل، يتم سحب عينات من خليط التفاعل على فترات منتظمة والتفاعل يحدث. يتم حقن العينات فوراً في كروماتوجرافيا الغاز والتي تفصل المكونات وتساعد على تحديدها.



■ **الشكل 16** يوضح الرسم البياني علاقة مباشرة بين تركيز H_2O_2 وسرعة تفككه.



✓ **التأكد من فهم الرسم البياني**

تطبيق باستخدام الرسم البياني، حدد سرعة التفاعل الابتدائية عندما يكون $[H_2O_2]$ يساوي 1.50 mol/L.

يوضح قانون السرعة أن سرعة التفاعل تتناسب طرديًا مع التركيز المولاري للمادة A. ثابت السرعة النوعية k لا يتغير مع التركيز؛ ومع ذلك، فإن k يتغير مع درجة الحرارة. قيمة كبيرة من k تعني أن A يتفاعل بسرعة ليكون B.

قوانين سرعة التفاعل من الرتبة الأولى في المعادلة $Rate = k[A]$ من المعروف أن الترميز [A] هو نفسه $[A]^1$. بالنسبة للمادة المتفاعلة A، الأس 1 يسمى رتبة التفاعل في [A]. **رتبة التفاعل** لمادة متفاعلة والتي يمكن تحديدها من خلال معرفة تأثير تغير تركيز المادة المتفاعلة على سرعة التفاعل. على سبيل المثال، قانون السرعة لتفكك H_2O_2 يتم التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$Rate = k[H_2O_2]$$

حيث أن سرعة التفاعل تتناسب طرديًا مع تركيز H_2O_2 مرفوع للقوة واحد ($[H_2O_2]^1$)، لهذا سيكون تفاعل تفكك H_2O_2 من الرتبة الأولى في H_2O_2 . ولأن التفاعل من الرتبة الأولى في H_2O_2 ، فإن سرعة التفاعل تتغير بنفس النسبة التي يتغير بها تركيز H_2O_2 . وبالتالي، إذا انخفض تركيز H_2O_2 إلى نصف قيمته الأصلية، فإن سرعة التفاعل تنخفض أيضًا بمعدل النصف.

تذكر أن سرعة التفاعل تحدها بيانات التجريبية. ولأن رتبة التفاعل تعتمد على سرعة التفاعل، فإن رتبة التفاعل هذه تتحدد أيضًا بالتجربة. وأخيرًا ولأن ثابت السرعة k يصف سرعة التفاعل، فإنه يجب تحديده أيضًا بالتجربة. الرسم البياني في **الشكل 16** يوضح كيف أن سرعة التفاعل الابتدائية لتفكك H_2O_2 تتغير مع تركيز H_2O_2 .

✓ **التأكد من فهم النص استدل** إذا كانت رتبة التفاعل لمادة متفاعلة هي الرتبة الأولى، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا أصبح تركيز المادة ثلاثة أمثاله؟

قوانين سرعة التفاعل لرتب أخرى رتبة التفاعل الكلي لتفاعل كيميائي هي مجموع الرتب للمواد المتفاعلة كل على حدة في قانون السرعة. الكثير من التفاعلات الكيميائية وخصوصًا التفاعلات التي تحتوي على أكثر من مادة متفاعلة، ليست من الدرجة الأولى. عليك بمراعاة الشكل العام لتفاعل كيميائي بوجود مادتين متفاعلتين. وفي هذه المعادلة الكيميائية a و b معاملات.



القانون العام لسرعة مثل هذا التفاعل:

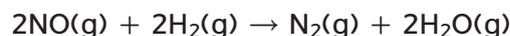
يمثل كل من [A] و [B] تركيزي المادتين المتفاعلتين A و B. الرموز الأسية m و n هي رتب التفاعل في المتفاعلات.

القانون العام للسرعة

$$Rate = k[A]^m[B]^n$$

سرعة التفاعل تساوي حاصل ضرب k في تراكيز من المواد المتفاعلة التي يرفع كل منها إلى أس (رتبة) تحدد تجريبيًا.

فقط إذا حدث التفاعل بين A و B في خطوة واحدة (وبمعقد منشط واحد فقط) تكون $n = b$ و $m = a$. ولكن ذلك غير مرجح، لأن التفاعلات من الخطوة الواحدة ليست شائعة. على سبيل المثال، عليك بمراعاة التفاعل متعدد الخطوات بين أول أكسيد النيتروجين (NO) والهيدروجين (H_2) والتي تعبر عنه المعادلة التالية:



لهذا التفاعل قانون السرعة التالي:

$$\text{Rate} = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$$

تم تحديد قانون السرعة من البيانات التجريبية التي تشير إلى أن السرعة تعتمد على تركيز المواد المتفاعلة كما يلي: إذا تضاعف [NO]، فإن السرعة تتضاعف أربع مرات وإذا تضاعف [H₂]، فإن السرعة تتضاعف. التفاعل المذكور على أنه من الرتبة الثانية في NO ومن الرتبة الأولى في H₂. والرتبة الثالثة للتفاعل بشكل عام. الرتبة الكلية هي مجموع الرتب للمواد المتفاعلة الفردية (مجموع الرموز الأسية) وهو (2 + 1) يساوي 3.

التأكد من فهم النص وضح كيف يمكنك تحديد الرتبة الكلية لتفاعل ما من قانون سرعة التفاعل.

تحديد رتبة التفاعل

من الطرق التجريبية المعروفة لتحديد رتبة التفاعل طريقة تسمى السرعات الابتدائية. تحدد طريقة السرعات الابتدائية رتبة التفاعل بمقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل بتركيز مختلفة للمادة المتفاعلة. السرعة الابتدائية تقيس سرعة سير التفاعل في اللحظة التي تختلط فيها المواد المتفاعلة ذات التراكيز المعلومة. لفهم الكيفية التي تعمل بها هذه الطريقة، فكر في التفاعل العام $aA + bB \rightarrow$ نواتج افتراض أن التفاعل حدث ثلاث مرات بتركيز مختلفة من A و B ونتج عنه سرعات التفاعل الابتدائية الموضحة في الجدول 2. تذكر أن القانون العام للسرعة لهذا النوع من التفاعلات هو كما يلي:

$$\text{Rate} = k[\text{A}]^m[\text{B}]^n$$

لتحديد m الرمز الأسى للمادة [A]، قارن بين تراكيز وسرعات التفاعل في التجريبتين 1 و 2. وكما تلاحظ من البيانات وفي الوقت الذي يظل فيه تركيز B ثابتاً، فإن تركيز A في التجربة 2 يكون ضعفه في التجربة 1. لاحظ أن السرعة الابتدائية في التجربة 2 ضعف السرعة في التجربة 1. ولأن مضاعفة [A] يضاعف السرعة، فإن التفاعل يجب أن يكون من الرتبة الأولى في A. وحيث إنك تضاعف التركيز، فعليك بمراجعة الكيفية التي يؤثر بها 2^m على السرعة. السرعة أيضاً تتضاعف وبالتالي فإن $2^m = 2$. لأن $2^m = 2$ يجب أن تكون قيمة m تساوي 1. تستخدم نفس الطريقة لتحديد n الرمز الأسى في [B] فيما عدا هذه المرة التجريبتين 2 و 3 في وضع المقارنة. تسبب مضاعفة التركيز B زيادة السرعة بمقدار أربعة أضعاف. لأن $2^n = 4$ يجب أن تكون قيمة n تساوي 2. وبالتالي فإن التفاعل من الرتبة الثانية في B ونخرج منه بقانون السرعة التالي:

$$\text{Rate} = k[\text{A}]^1[\text{B}]^2$$

رتبة التفاعل الكلية من الرتبة الثالثة (مجموع الرموز الأسية $3 = 2 + 1$).

الجدول 2 السرعات الابتدائية التجريبية النواتج $aA + bB \rightarrow$

تجربة	التركيز الابتدائي [A](M)	التركيز الابتدائي [B](M)	السرعة الابتدائية (mol/(L · s))
1	0.100	0.100	2.00×10^{-3}
2	0.200	0.100	4.00×10^{-3}
3	0.200	0.200	16.00×10^{-3}

المفردات
أصل الكلمة
ابتدائي Initial
صفة مشتقة من الكلمة اللاتينية Initium.
بمعنى من البداية أو ذات صلة بالبداية

تطبيقات

19. اكتب قانون السرعة للتفاعل $aA \rightarrow bB$ إذا كان التفاعل من الرتبة الثالثة في A و B ليست جزءًا من قانون السرعة.
20. قانون السرعة للتفاعل $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ من الرتبة الأولى في O_2 ومن الرتبة الثالثة من حيث الرتبة الكلية. ما قانون السرعة للتفاعل؟
21. بمعرفة البيانات التجريبية أدناه، استخدم طريقة السرعات الابتدائية لتحديد قانون السرعة للتفاعل: نواتج $aA + bB \rightarrow$ (تلميح: أي عدد يكون الأس الخاص به صفرًا يساوي الواحد. على سبيل المثال، $(0.22)^0 = 1$ و $(55.6)^0 = 1$).

البيانات التجريبية			
تجربة	التركيز الابتدائي $[A](M)$	التركيز الابتدائي $[B](M)$	السرعة الابتدائية $(mol/(L \cdot s))$
1	0.100	0.100	2.00×10^{-3}
2	0.200	0.100	2.00×10^{-3}
3	0.200	0.200	4.00×10^{-3}

22. تحدد قانون سرعة للتفاعل $CH_3CHO(g) \rightarrow CH_4(g) + CO(g)$ هو $R = k [CH_3CHO]^2$. استخدم هذه المعلومات لإكمال البيانات التجريبية أدناه.

البيانات التجريبية		
تجربة	التركيز الابتدائي $[CH_3CHO](M)$	السرعة الابتدائية $(mol/(L \cdot s))$
1	2.00×10^{-3}	2.70×10^{-11}
2	4.00×10^{-3}	10.8×10^{-11}
3	8.00×10^{-3}	

القسم 3 مراجعة

23. الفكرة الرئيسية **فسّر** ما الذي يوضحه قانون السرعة لتفاعل كيميائي معين عن التفاعل.
24. **طبّق** معادلات قانون السرعة لتوضيح الفرق بين التفاعل من الرتبة الأولى بمادة متفاعلة واحدة وتفاعل من الرتبة الثانية بمادة متفاعلة واحدة.
25. **وضح** وظيفة ثابت السرعة النوعية في معادلة قانون السرعة.
26. **وضح** الحالة التي يتغير فيها ثابت السرعة النوعية لتفاعل معين؟ ماذا تستدل من قيمة k الكبيرة في ما يتعلق بسرعة التفاعل؟
27. **اقترح** تفسيرًا لأهمية معرفة أن قيمة قانون سرعة التفاعل هي متوسط سرعة التفاعل.
28. **فسّر** ما العلاقة بين الرموز الأسية في قانون السرعة لتفاعل كيميائي والمعاملات في المعادلة الكيميائية.
29. **حدد** الرتبة الكلية للتفاعل الحادث بين A و B . إذا علمت أن قانون السرعة الخاص به هو $Rate = k[A]^2[B]^2$.
30. **صمم تجربة** اشرح كيفية تصميم تجربة لتحديد قانون السرعة للتفاعل العام $aA + bB \rightarrow$ باستخدام طريقة السرعات الابتدائية.

ملخص القسم

- العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة محددة وتركيز المواد المتفاعلة تسمى قانون السرعة.
- قانون السرعة لتفاعل كيميائي يتحدد تجريبيًا باستخدام طريقة السرعات الابتدائية.

سرعة التفاعلات اللحظية وآليات التفاعل

القسم 4

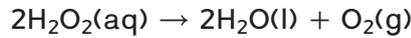
الفكرة الرئيسية الخطوة الأبطأ لتفاعل يحدث في سلسلة من الخطوات تحدد سرعة التفاعل الكيميائي الكلي.

التسوق في الجمعية عبارة عن سلسلة من الخطوات: التقاط العربة واختيار أصناف المواد والدفع لأمين الصندوق. قد تمر الخطوات الأولى والثانية بسرعة ولكن الطابور الطويل عند أمين الصندوق سوف يبطل العملية بأكملها. وبالمثل، فإن التفاعل لا يكون أسرع من أبطأ خطوة.

الكيمياء في حياتك

سرعة التفاعل اللحظية

غالباً ما يحتاج الكيميائيون لمعرفة المزيد عن متوسط سرعة التفاعل. لكي يقوم الصيدلي بتطوير علاج جديد قد يحتاج لمعرفة تطور التفاعل في لحظة محددة. لاحظ تفكك بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) والممثل بالمعادلة التالية:



لهذا التفاعل يظهر نقص في تركيز H_2O_2 مع مرور الزمن كما هو موضح في الشكل 17. يوضح الخط المنحني كيف تقل سرعة التفاعل أثناء سير التفاعل. **السرعة اللحظية** هي سرعة التفاعل في زمن محدد. وهي ميل الخط المستقيم المماس للمنحني في زمن محدد. التعبير $\Delta[H_2O_2]/\Delta t$ هي طريقة واحدة للتعبير عن سرعة التفاعل. بمعنى آخر، معدل التغيير في تركيز H_2O_2 يتصل بنقطة واحدة محددة (أو لحظة) على الرسم البياني. يمكنك تحديد السرعة اللحظية للتفاعل بطريقة أخرى إذا كان معلوم لديك تراكيز المتفاعلات في درجة الحرارة معينة وقانون السرعة المحدد تجريبياً وثابت السرعة النوعية عند درجة الحرارة نفسها.

الأسئلة الرئيسية

- كيف يتم حساب سرعات التفاعلات الكيميائية اللحظية؟
- ما هي الأنواع والخطوات التي تشملها آلية التفاعل؟
- كيف ترتبط سرعة التفاعل اللحظية لتفاعل معقد بآلية حدوث التفاعل؟

مراجعة المفردات

تفاعل الانحلال

decomposition reaction

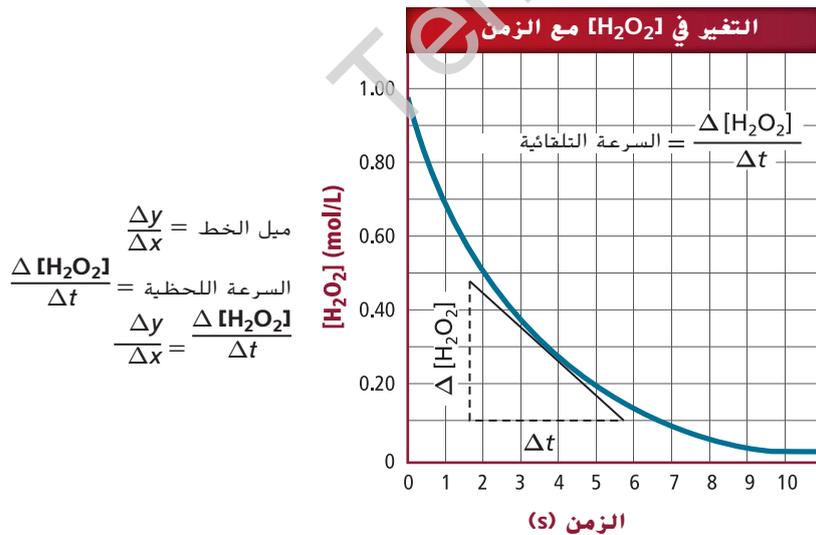
تفاعل كيميائي يحدث عندما يتفكك مركب واحد إلى إثنين أو أكثر من العناصر أو المركبات الجديدة

المفردات الجديدة

السرعة اللحظية instantaneous rate
التفاعل المعقد complex reaction
آلية التفاعل reaction mechanism
الوسيط intermediate
الخطوة المحددة للسرعة rate-determining step

الشكل 17 يمكن تحديد النسبة اللحظية

عند نقطة معينة في سير التفاعل عن طريق ميل مماس المنحني الذي يمر عبر هذه النقطة.



التأكد من فهم الرسم البياني

تعرف على المتغيرات المرسومة على المحور y و المحور X.

عند تحليل خامس أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O_5) إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) والأكسجين (O_2). يمثل التفاعل كالتالي:



قانون السرعة المحدد تجريبيًا لهذا التفاعل هو

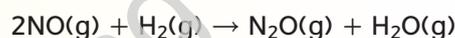
$$\text{Rate} = k[N_2O_5]$$

عندما يكون $k = 1.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. إذا كان $[N_2O_5] = 0.350 \text{ M}$ فيمكن حساب سرعة التفاعل اللحظية كالتالي:

$$\text{Rate} = (1.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1})(0.350 \text{ mol/L}) = 3.5 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

مثال 2

حساب سرعات التفاعلات اللحظية التفاعل التالي هو من الرتبة الأولى في H_2 والرتبة الثانية في NO وثابت السرعة النوعية له $2.90 \times 10^2 \text{ (L}^2/(\text{mol}^2\cdot\text{s}))$.



احسب سرعة التفاعل تركيز المواد المتفاعلة عندما اللحظية المواد المتفاعلة هو

$$[NO] = 0.00200 \text{ M} \text{ و } [H_2] = 0.00400 \text{ M}$$

1 حل المسألة

قانون السرعة يمكن التعبير عنه $\text{Rate} = k[NO]^2[H_2]$ وبالتالي، يمكن تحديد سرعة التفاعل اللحظية بالتعويض عن تراكيز المتفاعلات وثابت السرعة اللحظية في معادلة قانون السرعة.

مجهول

معلوم

$$\text{Rate} = ? \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

$$[NO] = 0.00200 \text{ M}$$

$$[H_2] = 0.00400 \text{ M}$$

$$k = 2.90 \times 10^2 \text{ (L}^2/(\text{mol}^2\cdot\text{s}))$$

2 حساب المجهول

$$\text{Rate} = k[NO]^2[H_2]$$

$$\text{Rate} = (2.90 \times 10^2 \text{ L}^2/(\text{mol}^2\cdot\text{s})) (0.00200 \text{ mol/L})^2 (0.00400 \text{ mol/L})$$

$$\text{Rate} = 4.64 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

3 تقييم الإجابة

إلغاء الوحدات في الحساب لتعطي $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ والتي تمثل وحدة سرعة التفاعل. والقيمة $10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ تتناسب مع الكميات المعلومة ومعادلة قانون السرعة. تم التعبير عن الإجابة بشكل صحيح بثلاثة أرقام معنوية.

تطبيقات

استخدم قانون السرعة في مثال 2 والتراكيز المعطاة في السؤالين 31 و 32 لحساب سرعة التفاعل اللحظية للتفاعل بين NO و H_2 .

$$31. [NO] = 0.00500 \text{ M} \text{ و } [H_2] = 0.00200 \text{ M}$$

$$32. [NO] = 0.0100 \text{ M} \text{ و } [H_2] = 0.00125 \text{ M}$$

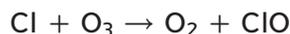
$$33. \text{ تحدد } [NO] \text{ للتفاعل في مثال رقم 2 إذا كانت السرعة } 9.00 \times 10^{-5} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)} \text{ و } [H_2] = 0.00300 \text{ M}$$

المهندس الكيميائي استيعاب آليات التفاعل أمر ضروري للمهندسين الكيميائيين. تتضمن وظائفهم في كثير من الأحيان تركيب مواد في المختبر على نطاق واسع في تصنيع المواد. ينبغي تصميم منشأة لإنتاج ومراقبة عملهم بطريقة آمنة وفعالة.

آليات التفاعل

تحدث معظم التفاعلات الكيميائية في تفاعلين أو أكثر من التفاعلات البسيطة. على سبيل المثال، تُفيد أدلة حديثة بأن التفاعل $2O_3 \rightarrow 3O_2$ يحدث في ثلاث خطوات، بسبب الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، تتحرر ذرات الكلور من مركبات معينة في الغلاف الجوي. الخطوات 1 و 2 في هذا التفاعل قد تحدث في وقت واحد أو في ترتيب عكسي.

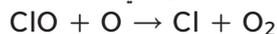
1. تفكك ذرات الكلور الأوزون وفقاً للمعادلة



2. تسبب الأشعة فوق البنفسجية حدوث تفاعل الانحلال

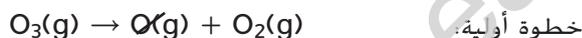
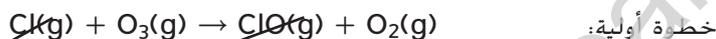


3. ClO الناتج في الخطوة 1 يتفاعل مع O الناتج في الخطوة 2 وفقاً للمعادلة

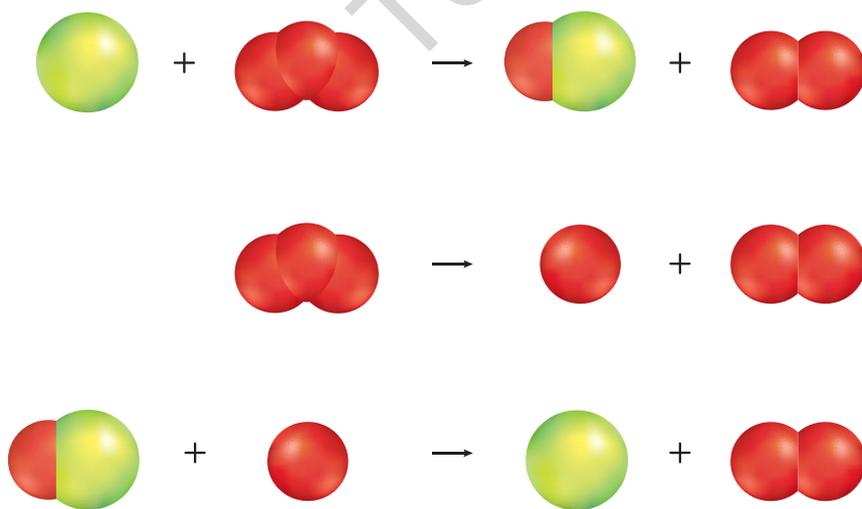


يُسمى كل من التفاعلات المُوضحة في الخطوات من 1 إلى 3 خطوة أولية. هذه الخطوات الأولية المُوضحة في الشكل 18 تُكوّن التفاعل المعقد $2O_3 \rightarrow 3O_2$.

التفاعل المعقد هو الذي يتكون من خطوتين أو أكثر من الخطوات الأولية. **آليات التفاعل** هي عبارة عن الترتيب الكامل للخطوات الأولية المُكوّنة للتفاعل المعقد. بإضافة الخطوات الأولية من 1 إلى 3 وإلغاء الصيغ التي توجد بنفس الكميات على جانبي سهم التفاعل تنتج المعادلة الكاملة للتفاعل المعقد كما هو مُوضح.



نظراً لأن ذرات الكلور تتفاعل في الخطوة 1 وتتشكل مرة أخرى في الخطوة 3، فإن الكلور هو المحفز لانحلال الأوزون. ولأن ClO و O تم تكوينهما في الخطوة 1 و 2، على التوالي ويتم استهلاكهما في التفاعل في الخطوة 3 يُطلق عليهما وسيطين. **المادة الوسيطة** هي المادة الناتجة في خطوة أولية من تفاعل معقد ومستهلك في خطوة أولية لاحقة. مثل الحفازات، لا تظهر المادة الوسيطة في المعادلة الكيميائية النهائية.



■ **الشكل 18** ClO و O عبارة عن مواد وسيطة تظهر في الخطوات الأولية الثلاث من التفاعل المعقد وينتج عنهما غاز الأكسجين (O_2) من الأوزون (O_3).
استنتج ما وظيفة الكلور (Cl) في التفاعل المعقد؟

التحقق من آليات التفاعل

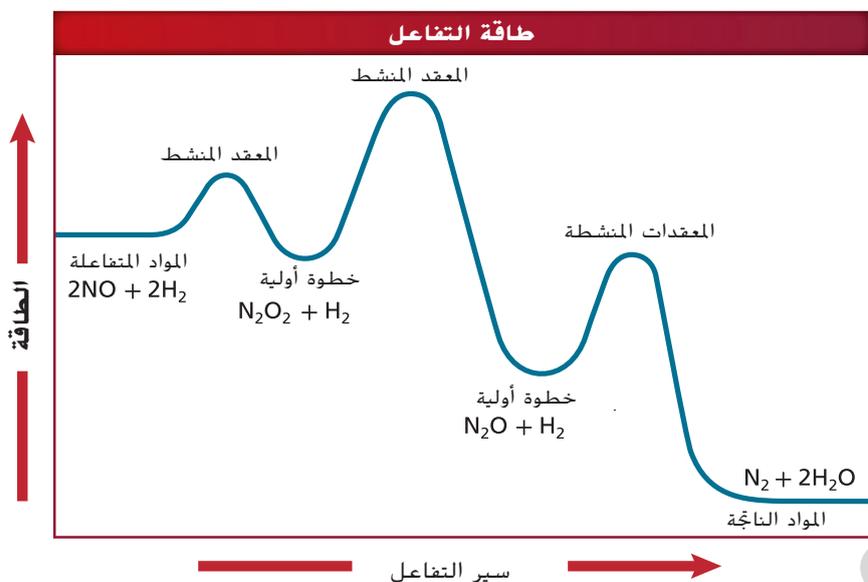
كيف يمكن أن نكتشف وجود المادة الوسيطة وتحديد دورها في تفاعل كيميائي؟ تعلم كيف تغير الجزيئات تركيبها في سياق تفاعل كيميائي بمعنى اكتشاف دليل كسر الروابط وتكوّنها. هذه العمليات تستغرق زمناً قصيراً للغاية يُقاس الزمن بالفمتوثانية. الفمتوثانية (fs) هي واحد من المليون من المليار من الثانية. منذ وقت قريب، تمكن العلماء من حساب وتصوير النشاط الذري الفعلي الذي يحدث عندما يتم تكسير الروابط وتتكون روابط جديدة. في عام 1999، حصل العالم أحمد زويل من معهد التكنولوجيا بكاليفورنيا على جائزة نوبل وذلك لإنجازاته في مجال كيمياء الفمتوثانية. ابتكر زويل جهاز ليزر فائق السرعة حيث يمكنه تسجيل صور من التفاعلات الكيميائية فور حدوثها. يُصدر الليزر "ومضات" كل 10 فمتوثانية لتسجيل حركة الجزيئات تماماً كما لو كانت سُجّلت على لقطات أخذت بواسطة كاميرا تصوير سينمائي. وبالتالي، تسجل الفمتوثانية حركة جزيئية قد تصل لأكثر من 10^{14} لقطه في الثانية. تتوافق الحركة الجزيئية مع تكوين وكسر الرابطة ويمكن أن تكون ذات صلة بمختلف المواد الوسيطة الممكنة والنواتج التي تم تكوينها أثناء التفاعل. استطاع زويل أن يشاهد التفاعل بين البنزين (C_6H_6) واليود (I_2) على مدار 1500 fs. اصطدام اليود مع البنزين مما أدى إلى كسر الرابطة بين ذرات اليود وبعد ذلك تحركت الذرتان بعيداً عن بعضهم البعض. تتيح مثل هذه التكنولوجيا للكيميائيين اختبار فرضياتهم حول المواد الوسيطة الممكنة وآليات التفاعل.

التحقق من القراءة فسّر أهمية طرق كيمياء الفمتو لدراسة آليات التفاعل.

الخطوة المحددة للسرعة سرعة التفاعل المعقد الذي يتم في عدة خطوات تعتمد على الخطوة الأبطأ. فهي التي تحدد سرعته. تسمى الخطوة الأولية الأبطأ في تفاعل معقد **الخطوة المحددة للسرعة**. التفاعل لا يكون أسرع من خطونه الأولية الأبطأ. تشبيه للخطوة المحددة للسرعة موضح في الشكل 19.

الشكل 19 في أكشاك رسوم الطرق السريعة، يجب على السائقين إبطاء السرعة والتوقف حتى يتم دفع الرسوم. على الرغم من أنه يمكنهم استئناف سرعاتهم بعد دفع الرسوم، إلا أن التوقف المؤقت يؤثر على سرعتهم الكلية في السفر. وبطريقة ماثلة، فإن السرعة الكلية لتفاعل كيميائي تعتمد على السرعة التي تحدث بها أبطأ خطوة أولية.

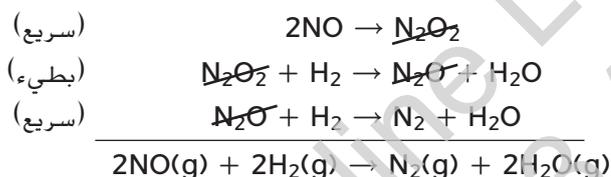




■ **الشكل 20** القيم الثلاث في مخطط الطاقة هذا يقابلها طاقات التنشيط اللازمة لتكوين المعقدات المنشطة. القيمة الوسطى تمثل أعلى حاجز طاقة يجب التغلب عليه؛ وبالتالي، فإن التفاعل المشتمل على $N_2O_2 + H_2$ هو الخطوة المحددة للسرعة.

✓ **التأكد من فهم الرسم البياني**
حدد من الرسم البياني ما إذا كان التفاعل الكلي طارداً للحرارة أم ماصاً للحرارة.

لمعرفة كيف تؤثر الخطوة المحددة للسرعة على سرعة التفاعل، فكّر ثانيةً في التفاعل الغازي من المثال 2. تتكون آلية هذا التفاعل من الخطوات الأولية التالية:



تحدث الخطوتان الأولى والثالثة بسرعة نسبياً وبالتالي فإن الخطوة البطيئة الوسطى هي الخطوة المحددة للسرعة. الشكل 20 يعرض كيفية تغير الطاقة على خلال سير هذا التفاعل المعقد. كل خطوة في التفاعل لها طاقة التنشيط الخاصة بها وتمثلها القيمة في الرسم البياني. طاقة التنشيط للخطوة 2 أعلى مما هي عليه في الخطوتين 1 و 3 وهذا هو السبب الذي يجعل الخطوة 2 المحددة للسرعة.

القسم 4 مراجعة

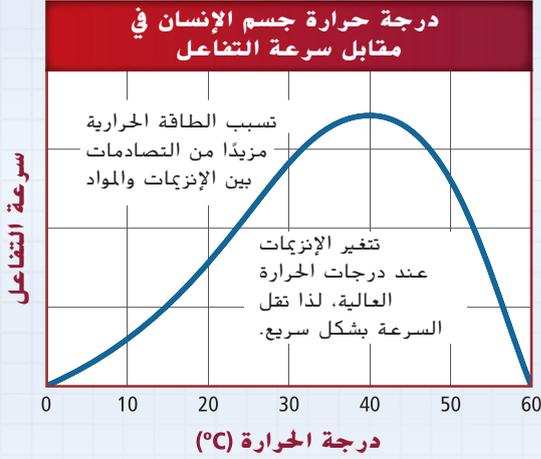
ملخص القسم

- يجب تحديد آلية التفاعل الكيميائي تجريبياً.
- بالنسبة للتفاعل المعقد، فإن الخطوة المحددة للسرعة تحدد السرعة اللحظية للتفاعل الكلي.

34. الفكرة الرئيسية **قارن** بين تفاعل أولي (يحدث في خطوة واحدة) مع تفاعل كيميائي معقد.
35. **فسّر** كيف يمكن استخدام قانون السرعة لتفاعل كيميائي لتحديد سرعة التفاعل اللحظية.
36. **عرّف** آلية التفاعل والمادة الوسطية.
37. **ميّز** بين المادة الوسطية والمعقد المنشط.
38. **اذكر** العلاقة بين قيمة طاقة التنشيط لخطوة أولية في تفاعل معقد وسرعة تلك الخطوة.
39. **احسب** التفاعل بين A و B لتكوين AB من الرتبة الأولى في A ومن الرتبة الأولى في B. ثابت السرعة النوعية، k، يساوي $0.500 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$. ما سرعة التفاعل عندما يكون $[A] = 2.00 \times 10^{-2} \text{ M}$ و $[B] = 1.50 \times 10^{-2} \text{ M}$ ؟

الكيمياء والصحة

سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم



الشكل 1 درجة الحرارة المثالية لجسم الإنسان تقترب من 37°C. ينشأ عن الطاقة الحرارية العالية تكسر بنية البروتين، مما يمنعه من القيام بوظائفه كما يجب.

انخفاض درجة حرارة الجسم

عندما تنخفض درجة الحرارة، تبدأ منطقة تحت المهاد في اتخاذ إجراءات تزيد من تحرر الطاقة الحرارية. الارتعاش عبارة عن انقباضات سريعة للعضلات تنتج عن التفاعلات الكيميائية التي تحرر الطاقة الحرارية. يبدأ الجسم أيضًا في اتخاذ إجراءات للحفاظ على الطاقة الحرارية وتشمل خفض تدفق الدم إلى الجلد.

ارتفاع درجة حرارة الجسم

الطاقة الحرارية العالية، سواء من البيئة المحيطة أو بسبب زيادة التفاعلات الكيميائية داخل الجسم، تدفع الجسم إلى الاستجابة بإفراز العرق. تنبسط الأوعية الدموية بالقرب من سطح الجلد وتزداد وطائف القلب والرئتين. وينتج عن هذه الإجراءات زيادة في تحرر الطاقة الحرارية إلى البيئة المحيطة. نظام التحكم في درجة الحرارة مصمم بالكامل للحفاظ على حدوث التفاعلات داخل الجسم عند المعدل المثالي.

الكتابة في الكيمياء

ابحث اكتب كتيب معلومات للمرضى عن العلاج الطبي لحالات انخفاض وارتفاع درجة الحرارة. اذكر الحالات التي قد تتعرض للخطر والتأثيرات التي قد تقع على هذه الحالات على المدى الطويل وكيف يمكن الوقاية منها.

تخيل أنك تأخرت عن المدرسة وخرجت مسرعًا بدون ارتداء المعطف. وكان اليوم باردًا، فستشعر بعدها بالارتعاش. الرعشة عبارة عن استجابة تلقائية يقوم بها جسمك وتساعد على الاحتفاظ بدرجة حرارته الطبيعية وهو أمر مهم.

ما درجة الحرارة الطبيعية للجسم؟

درجة حرارة جسم الإنسان الطبيعية هي 37°C تقريبًا، إلا أنها يمكن أن تختلف حسب العمر والجنس والوقت من اليوم ومستوى النشاط. ترتفع درجة حرارتك عندما تنخرط في أنشطة شاقة أو عندما ترتفع درجة حرارة الهواء من حولك. ويمكن أن تنخفض أيضًا عندما تأخذ حمامًا باردًا أو تنسى ارتداء المعطف في طقس بارد.

التفاعلات الكيميائية تسخن الجسم داخل كل خلية في الجسم، يتم أيض الغذاء لإنتاج الطاقة التي يتم استهلاكها أو تخزينها في جزيئات ضخمة تسمى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) وعندما يحتاج الجسم إلى الطاقة، تتحرك جزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP إلى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات (P_i) ومن ثم تتحرر الطاقة.



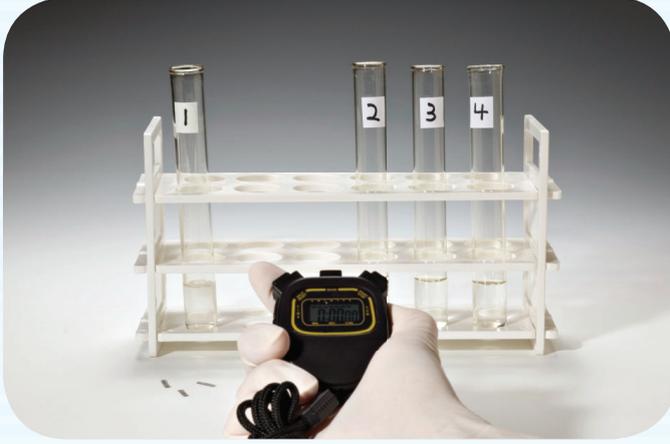
تتطلب مثل هذه التفاعلات وجود الإنزيمات التي تنظم سرعة التفاعل. وهذه الإنزيمات عبارة عن حفّازات بروتينية تكون في أفضل فعالية لها في نطاق درجات الحرارة الطبيعية للجسم البشري. وبدون مساعدة الإنزيمات ودرجة حرارة تصل إلى 37°C، فإن التفاعلات مثل ذلك التفاعل لا يمكن أن تحدث بالسرعة الكافية لاحتياجات الجسم. وخارج نطاق درجة الحرارة هذا، تكون سرعة التفاعل أكثر بطئًا، كما هو موضح في الشكل 1.

تنظيم درجة حرارة الجسم توجد منطقة في الدماغ تسمى "المهاد" وهي المسؤولة عن تنظيم درجة حرارة الجسم من خلال نظام تغذية راجعة معقد. يحافظ ذلك النظام على التوازن بين الطاقة الحرارية المنطلقة من التفاعلات الكيميائية داخل الجسم والطاقة الحرارية التي يتم تبادلها بين الجسم والبيئة المحيطة.



مختبر الكيمياء

دراسة تأثير التركيز على سرعة التفاعل



نبذة مختصرة: تصف نظرية التصادم كيف يؤثر التغيير في تركيز مادة متفاعلة واحدة على سرعة التفاعل الكيميائي.

السؤال: كيف يؤثر تركيز مادة متفاعلة واحدة على سرعة التفاعل؟

المواد

- ماصة مدرجة سعتها 10 mL
- مائي ماصة آمن
- 6 M حمض الهيدروكلوريك
- ماء مُقطر
- أنايب اختبار مرقمة من 1-4
- حامل أنايب اختبار
- شريط مغنيسيوم
- ورق صنفرة
- مقص
- مسطرة بلاستيكية
- ملقط
- ساعة وقف
- ساق تحريك

احتياطات السلامة



تحذير: لا تسحب أي كيمائيات أبداً عن طريق الفم. حمض الهيدروكلوريك يسبب التآكل. تجنب ملامسته للجلد والعينين.

الإجراءات

- اقرأ تعليمات السلامة الخاصة بهذه التجربة قبل البدء في العمل.
- قس 10 mL من 6.0 M حمض الهيدروكلوريك (HCl) باستخدام الماصة المدرجة.
- فرغ 10 mL من 6.0 M حمض الهيدروكلوريك في أنبوبة الاختبار 1.
- اسحب 5.0 mL من 6.0 M حمض الهيدروكلوريك من أنبوبة الاختبار 1 بواسطة الماصة. فرغ هذا الحمض في أنبوبة الاختبار 2. ثم قم بإضافة 5.0 mL من الماء المُقطر. امزج الخليط بواسطة ساق التحريك. هذا المحلول عبارة عن 3.0 M HCl.
- اسحب 5.0 mL من 3.0 M حمض الهيدروكلوريك من أنبوبة الاختبار 2 وضعها في أنبوبة الاختبار 3. أضف 5.0 mL من الماء المُقطر و امزج المحلول. هذا المحلول عبارة عن 1.5 M HCl.
- اسحب 5.0 mL من 1.5 M حمض الهيدروكلوريك من أنبوبة الاختبار 3 وضعها في أنبوبة الاختبار 4. أضف 5.0 mL من الماء المُقطر و امزج المحلول. هذا المحلول عبارة عن 0.75 M HCl.
- اسحب 5.0 mL من 0.75 M حمض الهيدروكلوريك من أنبوبة الاختبار 4. خففها بالماء وتخلص منها في الحوض.

8. باستخدام الملقط ضع شريط مغنيسيوم طوله 1 cm في أنبوب الاختبار 1. احسب الزمن بالثواني الذي تستغرقه الفقاعات حتى تتوقف عن الظهور وسجله في جدول البيانات.

9. كرر الخطوة 8 باستخدام أنايب الاختبار الثلاثة المتبقية. احسب الزمن بالثواني الذي تستغرقه الفقاعات في حتى تتوقف عن الظهور في كل أنبوبة اختبار.

10. **التنظيف والتخلص** ضع المحاليل الحمضية في حاوية التخلص من الأحماض. اغسل كل أنابيب الاختبار ومعدات المختبر جيداً. تخلص من المواد الأخرى وفقاً لتوجيهات معلمك. أعد كل معدات المختبر إلى مواقعها المناسبة.

التحليل والاستنتاج

- ارسم رسم بياني ضع فيه تركيز الحمض على المحور X وزمن التفاعل على المحور Y. ارسم منحنى بسيطاً يمر بنقاط البيانات.
- استنتج وفقاً للرسم البياني الذي رسمته، ما العلاقة بين تركيز الحمض وسرعة التفاعل؟
- ضع فرضية اكتب فرضية باستخدام نظرية التصادم وسرعة التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة لتفسير نتائجك.
- تحليل الخطأ قارن نتائجك التجريبية مع نتائج الطلاب الآخرين في المختبر. بين الفرق.

التوسع في الاستقصاء

تصميم تجربة استناداً إلى ملاحظتك ونتائجك، هل تؤثر الاختلافات في درجة الحرارة على سرعة التفاعل؟ صمم تجربة لاختبار فرضياتك.

دليل الدراسة

الوحدة 7

الفكرة الرئيسية كل تفاعل كيميائي يستمر بسرعة محددة ولكن يمكن زيادة السرعة أو إبطاؤها من خلال تغيير ظروف التفاعل.

القسم 1 نموذج لسرعة التفاعلات

الفكرة الرئيسية تعتبر نظرية التصادم المفتاح لفهم السبب وراء سرعة بعض التفاعلات عن تفاعلات أخرى. تعرف سرعة التفاعل الكيميائي بأنها السرعة التي يتم فيها استهلاك المادة المتفاعلة أو السرعة التي تتكون فيها مادة ناتجة.

$$\text{Rate} = - \frac{\Delta[\text{reactant}]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{product}]}{\Delta t}$$

- يتم حساب سرعة التفاعل عمومًا ويعبر عنها بوحدة المول لكل لتر في الثانية ((mol/(L·s)).
- لكي تتفاعل الجسيمات في تفاعل كيميائي، فإنها يجب أن تتصادم.

- المفردات**
- سرعة التفاعل
 - reaction rate
 - نظرية التصادم
 - collision theory
 - المعقد المنشط
 - activated complex
 - طاقة التنشيط
 - activation energy

القسم 2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل مثل طبيعة المواد المتفاعلة والتركيز ودرجة الحرارة ومساحة السطح والحفّازات على سرعة التفاعل الكيميائي.

- تشمل العوامل الرئيسية التي تؤثر على سرعة التفاعلات الكيميائية على طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز ومساحة السطح ودرجة الحرارة والحفّازات.
- يزيد رفع درجة حرارة التفاعل عمومًا من سرعة التفاعل حيث تزيد من وعدد التصادمات التي تكون المعقد المنشط.
- تزيد الحفّازات من سرعات التفاعلات الكيميائية عن طريق خفض طاقة التنشيط.

- المفردات**
- حفّاز catalyst
 - مثبط inhibitor
 - حفّاز غير متجانس heterogeneous catalyst
 - حفّاز متجانس homogeneous catalyst

القسم 3 قوانين سرعة التفاعل

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية محددة تجريبيًا بين سرعة التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة.

- العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة معلومة وتركيز المواد المتفاعلة تسمى قانون السرعة.

$$\text{Rate} = k[\text{A}]$$

$$\text{Rate} = k[\text{A}]^m[\text{B}]^n$$

- يتحدد قانون السرعة لتفاعل كيميائي تجريبيًا باستخدام طريقة السرعات الابتدائية.

- المفردات**
- قانون السرعة rate law
 - ثابت السرعة النوعية
 - specific rate constant
 - رتبة التفاعل reaction order
 - طريقة السرعات الابتدائية.
 - method of initial rates

القسم 4 سرعة التفاعلات اللحظية وآليات التفاعل

الفكرة الرئيسية الخطوة الأبطأ لتفاعل يحدث في سلسلة من الخطوات تحدد سرعة التفاعل الكيميائي الكلي.

- يجب تحديد آلية التفاعل الكيميائي تجريبيًا.
- بالنسبة للتفاعل المعقد، فإن الخطوة المحددة للسرعة تحدد السرعة اللحظية للتفاعل الكلي.

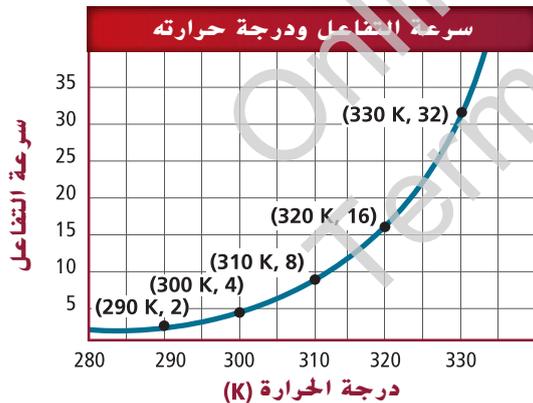
- المفردات**
- النسبة اللحظية
 - instantaneous rate
 - التفاعل المعقد
 - reaction
 - آلية التفاعل
 - reaction mechanism
 - الوسيط intermediate
 - الخطوة المحددة للسرعة
 - rate-determining step

القسم 2

إتقان المفاهيم

50. ما الدور الذي تلعبه طبيعة المواد المتفاعلة في تحديد سرعة التفاعل الكيميائي؟
51. ما العلاقة، بشكل عام، بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة؟
52. طبقّ نظرية التصادم لشرح السبب في زيادة سرعة التفاعل عادةً بزيادة تركيز المادة المتفاعلة.
53. فسر لماذا تتفاعل مادة صلبة علي شكل مسحوق مع الغاز بشكل أسرع من قطعة كبيرة من نفس المادة الصلبة.
54. **حفظ الأغذية** طبقّ نظرية التصادم لشرح السبب في فساد الأطعمة عادةً يكون أكثر بطئاً عند وضعها في الثلاجة مقارنة مع بقائها في درجة حرارة الغرفة.
55. طبقّ نظرية التصادم لتوضيح لماذا يتفاعل مسحوق الخارصين لإنتاج غاز الهيدروجين أسرع من تفاعل قطع كبيرة من الخارصين عندما وضعهما في محلول حمض الهيدروكلوريك.
56. يتحلل بيروكسيد الهيدروجين إلى الماء وغاز الأكسجين بشكل أسرع عند إضافة ثاني أكسيد المنغنيز. فإذا علمت أن ثاني أكسيد المنغنيز لا يستهلك في التفاعل، فما هي وظيفته في هذا التفاعل مع التفسير؟
ثاني أكسيد المنغنيز لا يستهلك في التفاعل. فسّر دور ثاني أكسيد المنغنيز.

إتقان حل المسائل



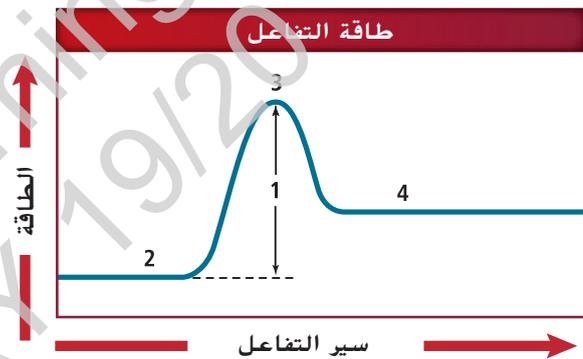
الشكل 22

57. ادرس الشكل 22 الذي يربط بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة. كيف تتغير سرعة التفاعل تقريباً لكل زيادة بمقدار 10 K؟
58. افترض أن حجمًا كبيرًا من 3% من بيروكسيد الهيدروجين يتحلل لينتج 12 mL من غاز الأكسجين في 100 s عند 298 K. قم بتقدير كمية الأكسجين الناتجة بواسطة محلول مماثل في 100 s عند درجة حرارة 308 K.
59. باستخدام المعلومات في السؤال 58. قم بتقدير كمية غاز الأكسجين التي ستنتج من محلول مماثل في 100 s عند 318 K. قم بتقدير الزمن اللازم لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين عند 288 K.

القسم 1

إتقان المفاهيم

40. ماذا يحدث لتراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة أثناء سير التفاعل الكيميائي؟
41. اشرح المقصود بمتوسط سرعة التفاعل؟
42. كيف تعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي $A \rightarrow B$ وفقاً لتركيز المادة المتفاعلة A؟ كيف يمكن مقارنة تلك السرعة مع سرعة تعتمد على الناتج B؟
43. ما دور المعقد المنشط في التفاعل الكيميائي؟
44. افترض وجود جزيئين قابلين للتفاعل نتيجة التصادم. تحت أي ظروف لا يحدث تفاعل للجزيئات المتصادمة؟



الشكل 21

45. الشكل 21 هو رسم بياني لطاقة للتفاعل. ضع الرقم المناسب مع الكمية التي تمثله.
 - a. المواد المتفاعلة
 - b. المعقد المنشط
 - c. النواتج
 - d. طاقة التنشيط
46. إذا كان $A \rightarrow B$ طارداً للحرارة؟ كيف يمكن لطاقة التنشيط للتفاعل الأمامي أن تقارن مع طاقة التنشيط للتفاعل العكسي ($A \leftarrow B$)؟

إتقان حل المسائل

47. في التفاعل الغازي، $I_2 + Cl_2 \rightarrow 2ICl$ يتغير $[I_2]$ من 0.400 M عند 0.00 دقيقة إلى 0.300 M في 4.00 دقيقة. احسب متوسط سرعة التفاعل بمولات I_2 المستهلكة باللتر لكل دقيقة.
48. في تفاعل $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$ وضع 6.00 g من Mg في بداية التفاعل وبعد مرور 3.00 min بقي منه 4.50 g. احسب متوسط سرعة استهلاك Mg في الدقيقة بالمولات.
49. تفاعل كيميائي سرعته 2.25×10^{-2} مول لكل لتر في الثانية عند 322 K، ما سرعته عند التعبير عنها بوحدة مول لكل لتر في الدقيقة؟

القسم 3

إتقان المفاهيم

60. في طريقة السرعات الابتدائية المستخدمة لتحديد قانون السرعة للتفاعل الكيميائي، ما دلالة الكلمة ابتدائي؟
61. لم يجب أن يحدد قانون سرعة التفاعل الكيميائي على دليل تجريبي بدلاً من معادلة موزونة للتفاعل؟
62. افترض أن قانون السرعة لتفاعل كيميائي $\text{Rate} = [\text{A}][\text{B}]^3$. ما رتبة التفاعل في A؟ ما رتبة التفاعل في B؟ ورتبة التفاعل الكلي؟
63. إذا كانت معادلة تفاعل عام: $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$. بناءً على البيانات التجريبية، التفاعل من الدرجة الثانية في المادة المتفاعلة A. إذا قل تركيز A إلى النصف وبقيت كل الظروف الأخرى ثابتة، فكيف تتغير سرعة التفاعل؟

إتقان حل المسائل

64. بيانات السرعة اللحظية في الجدول 3 تم الحصول عليها للتفاعل $\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{N}_2\text{O}(\text{g})$ عند درجة حرارة محددة وتركيز معلوم من NO. كيف تتغير السرعة اللحظية لهذا التفاعل بتغير تركيز H_2 ؟ بناءً على البيانات، هل جزء من قانون السرعة؟ فسر.

السرعة اللحظية $(\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s}))$	$[\text{H}_2]$ (mol/L)
6.00×10^{-3}	0.18
1.07×10^{-2}	0.32
1.93×10^{-2}	0.58

65. افترض أن تفاعلاً كيميائياً عاماً له قانون سرعة هو $R = [\text{A}]^2[\text{B}]^3$ وسرعة التفاعل في ظل ظروف معلومة هي $4.5 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$. إذا تضاعف تركيز A و B وجميع ظروف التفاعل الأخرى ظلت ثابتة، كيف ستتغير سرعة التفاعل؟
66. البيانات التجريبية في جدول 4 تم الحصول عليها من تحليل الأيزوميثان ($\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$) عند درجة حرارة محددة وفقاً للمعادلة $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$. استخدم البيانات لتحديد قانون السرعة.

رقم التجربة	التركيز الابتدائي $[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3]$	سرعة التفاعل الابتدائية
1	0.012 M	$2.5 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$
2	0.024 M	$5.0 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

67. استخدم البيانات في الجدول 4 لحساب قيمة ثابت السرعة النوعية k.

68. عند درجة الحرارة نفسها، تنبأ بسرعة التفاعل عندما يكون التركيز الابتدائي لـ $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ هو 0.048 M. استخدم البيانات في الجدول 4.

القسم 4

إتقان المفاهيم

69. ميّز بين التفاعل البسيط والتفاعل المعقد، خطوة أولية وآلية التفاعل.
70. افترض أن تفاعلاً كيميائياً يحدث في خطوتين.
الخطوة 1 (سريعة) $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$
الخطوة 2 (بطيئة) $\text{C} + \text{D} \rightarrow \text{E}$
أي خطوة في آلية التفاعل هي الخطوة المحددة للسرعة؟ فسر.
71. في التفاعل المبين في السؤال 70 ماذا تسمى الخطوات 1 و 2؟ ماذا تسمى المادة C؟



الشكل 23

72. في الشكل 23، حدد كل المسميات 1, 2, 3, 4, 5, 6, و 7 بالاختيار من التالي: معقد نشط، المادة الوسطية، المواد المتفاعلة أو النواتج.

إتقان حل المسائل

73. خامس أكسيد ثنائي النيتروجين يتفكك في الكلوروفورم بسرعة $2.48 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ عند درجة حرارة معينة وفقاً للمعادلة $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$. N_2O_5 . فإذا كان التركيز الابتدائي لـ N_2O_5 هو $0.400 \text{ mol}/\text{L}$. احسب ثابت السرعة النوعية، ما هو بالتقريب $[\text{N}_2\text{O}_5]$ بعد استمرار التفاعل لمدة 1.30 ساعة؟
74. الانحلال الإشعاعي من الرتبة الأولى في النظير المنحل. على سبيل المثال، السترونشيوم - 90 الموجود في الغبار النووي الناتج عن الانفجارات النووية ينحل إلى أتريوم - 90 وجسيم بيتا. اكتب قانون السرعة لانحلال السترونشيوم - 90.

مراجعة عامة

75. قِيم صحة هذه العبارة. يمكنك تحديد قانون السرعة لتفاعل كيميائي باستخدام النسب المولية في المعادلة الموزونة. اشرح إجابتك.

76. تركيز المتفاعل A يتناقص من 0.400 mol/L في 0.00 min إلى 0.384 mol/L في 4.00 min. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة الزمنية. وضح السرعة في mol/(L·min).

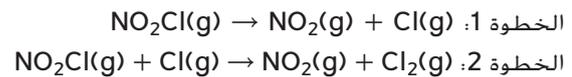
77. تم قياس كتلة عينة مغنيسيوم ووضعت في كأس يحتوي حمض الهيدروكلوريك. يحدث التفاعل الكيميائي وفقاً للمعادلة $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$ استخدم البيانات في الجدول 5 لكي تحسب مقدار غاز الهيدروجين الناتج في STP بعد مرور 3.00 min من زمن التفاعل. (تلميح: 1 مول من الغاز المثالي حجمه 22.4 لترًا في STP)

الجدول 5 تفاعل المغنيسيوم وحمض الهيدروكلوريك

الزمن (min)	كتلة المغنيسيوم (g)	حجم الهيدروجين عند STP (L)
0.00	6.00	0.00
3.00	4.50	?

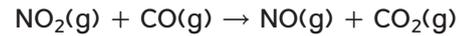
78. إذا زاد تركيز ناتج التفاعل من 0.0882 mol/L إلى 0.1446 mol/L في 12.0 دقيقة. فما متوسط سرعة التفاعل؟

79. يحدث تفكك كلوريد النترييل (NO_2Cl) في خطوتين هما:



ما التفاعل الكلي؟ ما المادة الوسيطة في هذا التفاعل؟ لماذا سميت بهذا الاسم؟

80. محرك السيارة يحدث التفاعل التالي في محرك السيارة ونظام العادم.

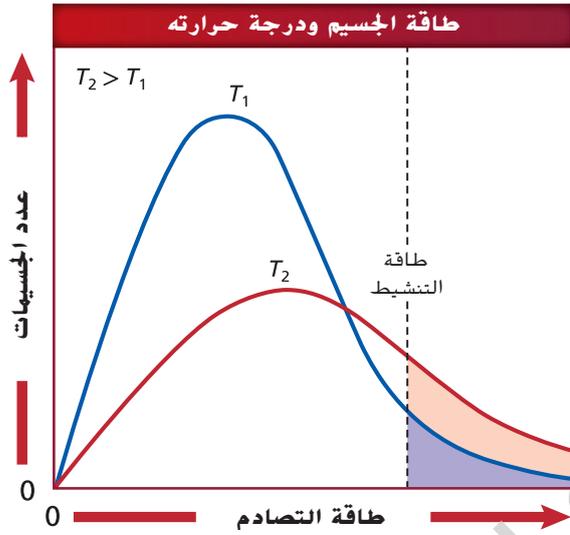


قانون سرعة التفاعل عند درجة حرارة محددة هو $Rate = 0.50 L/(mol \cdot s)[NO_2]^2$. ما السرعة الابتدائية للتفاعل عندما يكون $[NO_2] = 0.0048 mol/L$ ؟

81. تراكيز المتفاعلات يعبر عنها بالمول لكل لتر والزمن يعبر عنه بالثواني. إذا كان التفاعل الكلي من الرتبة الثالثة، فما هي وحدات كل من السرعة وثابت السرعة النوعية؟

التفكير الناقد

82. تصور مخطط الطاقة لتفاعل كيميائي من خطوة واحدة ماص للحرارة. قارن بين ارتفاع طاقة التنشيط لكل من التفاعل الأمامي والتفاعل العكسي.



الشكل 24

83. مَيِّل بين المناطق المظللة في الشكل 24 عند درجتَي الحرارة T_1 و T_2 تبعًا لعدد التصادمات بالوحدة الزمنية التي ربما تحدث مع طاقة مساوية لطاقة التنشيط أو أكبر منها.

84. طبق طريقة السرعات الابتدائية لتحديد رتبة التفاعل الكيميائي للمادة المتفاعلة X. دَوِّن مجموعة افتراضية من البيانات التجريبية التي تفودك إلى استنتاج أن التفاعل من الرتبة الثانية في X.

85. استخدم أسلوبًا منطقيًا لكي تشرح كيف أن تفاعلًا كيميائيًا معقدًا ربما يشمل أكثر من خطوة واحدة محددة للسرعة.

86. صمم مخططًا يوضح جميع الاحتمالات للتصادم بين جزيئين للمادة المتفاعلة A وجزيئين للمادة المتفاعلة B. ثم، زد عدد جزيئات A من اثنين إلى أربعة وارسم جميع الاحتمالات للتصادم بين A و B. ما المعامل الذي تزداد به عدد التصادمات؟ ما الذي يدل عليه ذلك بالنسبة لسرعة التفاعل؟

87. طبق نظرية التصادم لتفسير سببين يوضحان أن الارتفاع في درجة حرارة تفاعل بمقدار 10 K تضاعف سرعة التفاعل.

88. أنشئ جدولاً لتراكيز المواد المتفاعلة مبتدئًا بالتركيز 0.100 M. لتحديد قانون سرعة التفاعل التالي: $aA + bB + cD$. استخدم طريقة السرعات الابتدائية.

تحدّ

الكتابة في الكيمياء

95. **الدواء** تخيل أن بلدك تواجه وباء الأنفلونزا. لحسن الحظ، اكتشف العلماء مؤخرًا حفاظًا جديدًا يزيد من سرعة إنتاج دواء ذي فاعلية ضد الأنفلونزا. اكتب مقالة صحفية تصف من خلالها كيفية عمل الحفاظ، قم بتضمين رسم بياني لطاقة التفاعل وشرح مفصل لأهمية الاكتشاف.
96. **رعاية العشب** اكتب إعلانًا تشرح فيه أن سمدالشركة A يعمل بصورة أفضل من نظيره لشركة B لأن لديه حبيبات أصغر في الحجم. ضمن الإعلان شكل توضيحي.

89. **الهيدروكربونات** عند تسخين البروبان الحلقي (C_3H_6) يتحول إلى بروبين ($CH_2=CHCH_3$). التفاعل من الرتبة الأولى في البروبان الحلقي. إذا كان ثابت السرعة النوعية عند درجة حرارة محددة هو $6.22 \times 10^{-4} s^{-1}$ وثبت تركيز البروبان الحلقي عند $0.0300 mol/L$ ، فما كتلة البروبين الناتجة خلال $10.0 m$ في حجم مقداره $2.50 L$ ؟

مراجعة تراكمية

90. ما عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي لكل مما يلي:
- عناصر المجموع (p)
 - عناصر مجموعة النيتروجين
 - عناصر المجموع (d)
 - عناصر مجموعة الغازات النبيلة
 - عناصر المجموع (s)
91. قم بتصنيف العناصر التالية من حيث فار، لافلز أو شبه فلز.
- موليبدونوم
 - البروم
 - الزرنخ
 - النيون
 - السيريوم

DBQ أسئلة مبنية على المستندات

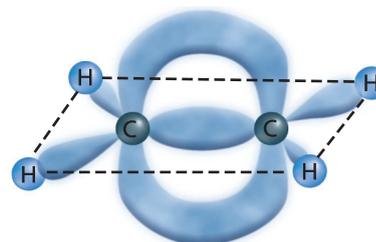
الكواشف الكيميائية الفينولفتالين هو كاشف كيميائي يستخدم للكشف عن القواعد. توضح البيانات في الجدول 6 النقص في تركيز الفينولفتالين مع مرور الزمن عند إضافة محلول من الفينولفتالين تركيزه $0.0050 M$ لمحلول تركيز أيونات الهيدروكسيد فيه $0.61 M$.

الجدول 6 التفاعل بين الفينولفتالين والفائض من القاعدة

الزمن (s)	تركيز الفينولفتالين (M)
0.0	0.0050
22.3	0.0040
91.6	0.0020
160.9	0.0010
230.3	0.00050
350.7	0.00015

بيانات مأخوذة من: موقع بحث الكيمياء الحركية "boodner 2006". المساعدة في الكيمياء العامة.

97. ما متوسط سرعة التفاعل من البداية وحتى الزمن $22.3 s$ معبرًا عنه بعدد مولات الفينولفتالين المستهلكة لكل لتر لكل ثانية؟
98. ما متوسط سرعة التفاعل إذا قل تركيز الفينولفتالين من $0.00050 M$ إلى $0.00015 M$ ؟
99. قانون السرعة لهذا التفاعل هو $Rate = k [ph.ph]$. إذا كان ثابت السرعة النوعية للتفاعل $1.0 \times 10^{-2} s^{-1}$ فما هي السرعة اللحظية للتفاعل إذا كان تركيز الفينولفتالين $0.0025 M$ ؟



الإيثان

الشكل 25

92. باستخدام الشكل 25، حدد عدد روابط سيجما وباي الموجودة في جزيء واحد من الإيثان.
93. زن المعادلات التالية:
- $Sn(s) + NaOH(aq) \rightarrow Na_2SnO_2(aq) + H_2(g)$
 - $C_8H_{18}(l) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$
 - $Al(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + H_2(g)$
94. ما كتلة كلوريد الحديد (III) اللازمة لتحضير $1.00 L$ من محلول $0.255 M$ ؟

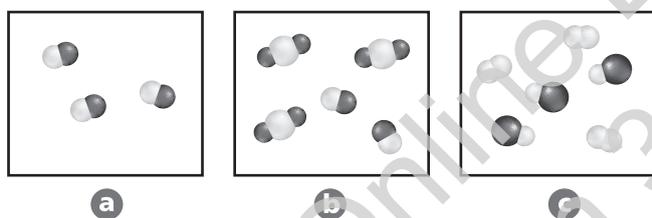
اختيار من متعدد

5. ما مقدار الماء الذي يجب إضافته إلى 6.0 mL من محلول تركيزه 0.050 M لتخفيفه إلى 0.020 M؟
 A. 15 mL
 B. 9.0 mL
 C. 6.0 mL
 D. 2.4 mL

6. ما الوحدة غير الصحيحة للتعبير عن سرعة التفاعل؟
 A. M/min
 B. L/s
 C. mol/(mL·h)
 D. mol/(L·min)

7. ما أقوى نوع من الروابط البين جزيئية؟
 A. الرابطة الأيونية
 B. القوة ثنائية القطب
 C. قوى التشتت
 D. الرابطة الهيدروجينية

استخدام المخطط أدناه للإجابة على الأسئلة 8 و 9.



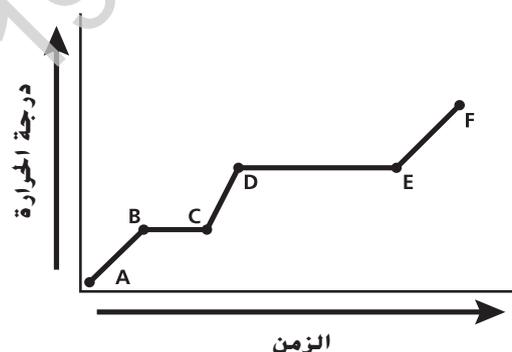
8. ما العينة التي يمكن أن تحتوي على جسيمات من غاز الأكسجين؟
 A. a
 B. b
 C. c
 D. كل من a و b

9. ما العينة التي يمكن أن تحتوي على جسيمات من ثاني أكسيد الكربون؟
 A. a
 B. b
 C. c
 D. كل من a و b

10. كم عدد المولات الموجودة في 4.30×10^2 g من فوسفات الكالسيوم $(Ca_3(PO_4)_2)$ ؟
 A. 0.721 مولاً
 B. 1.39 مولاً
 C. 1.54 مولاً
 D. 3.18 مول

1. سرعة التفاعل الكيميائي هي كل ما يلي ما عدا:
 A. السرعة التي يحدث بها التفاعل.
 B. التغير في تركيز إحدى المواد المتفاعلة في الوحدة الزمنية.
 C. التغير في تركيز أحد النواتج في الوحدة الزمنية.
 D. مقدار الناتج المتكون في مدة زمنية معينة.

2. كيف يمكن تمييز الغرويات عن المحاليل؟
 A. جسيمات الغرويات المخففة يمكن رؤيتها بالعين المجردة.
 B. جسيمات الغرويات حجمها أصغر بكثير من الجسيمات المذبية.
 C. جسيمات الغرويات المشتملة ستستقر بعيداً عن الخليط مع مرور الزمن.
 D. الغرويات تشتت أشعة الضوء التي تمر من خلالها.
 استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 3 و 4.



3. في أي مقطع ستنصهر هذه المادة؟
 A. المقطع AB
 B. المقطع BC
 C. المقطع CD
 D. المقطع DE
4. عندما يتم تسخين المادة من النقطة C إلى النقطة D، ما الصواب فيما يلي عن المادة؟
 A. تزداد طاقة الوضع وتنخفض الطاقة الحركية
 B. تزداد طاقة الوضع وتزداد الطاقة الحركية
 C. تبقى طاقة الوضع ثابتة وتزداد الطاقة الحركية
 D. تنخفض طاقة الوضع وتبقى الطاقة الحركية ثابتة

اختبار الكفاءة الدراسية (SAT) في مادة: الكيمياء

استخدم الجدول أدناه للإجابة على الأسئلة 13 و 14 و 15.

التفاعل: $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$			
البيانات التجريبية للتفاعل			
$[\text{Cl}_2]$ (M)	$[\text{SO}_2]$ (M)	$[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$ (M)	الزمن (min)
0.00	0.00	1.00	0.0
0.13	0.13	0.87	100.0
?	?	0.74	200.0

13. ما متوسط سرعة التفاعل لهذا التفاعل، معبّرًا عنها

بمولات SO_2Cl_2 المستهلكة لكل لتر في الدقيقة؟

- A. $1.3 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- B. $2.6 \times 10^{-1} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- C. $7.4 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- D. $8.7 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$
- E. $2.6 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$

14. اعتمادًا على متوسط سرعة التفاعل، ما تركيز كل من تركيزات SO_2 و Cl_2 عند الدقيقة 200.0؟

- A. 0.13 M
- B. 0.26 M
- C. 0.39 M
- D. 0.52 M
- E. 0.87 M

15. ما البدة اللازمة لتفدك نصف الكمية الأصلية من SO_2Cl_2 حسب متوسط سرعة التفاعل؟

- A. 285 min
- B. 335 min
- C. 385 min
- D. 401 min
- E. 516 min

أسئلة ذات إجابات قصيرة

استخدم المعلومات التالية للإجابة عن السؤال 11.

الانحلال الكامل للحمض H_3A يحدث في ثلاث خطوات:	
Rate = $k_1[\text{H}_3\text{A}]$ $k_1 = 3.2 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$	$\text{H}_3\text{A}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$
Rate = $k_2[\text{H}_2\text{A}^-]$ $k_2 = 1.5 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$	$\text{H}_2\text{A}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{HA}^{2-}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$
Rate = $k_3[\text{HA}^{2-}]$ $k_3 = 0.8 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$	$\text{HA}^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^{3-}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$
التفاعل الكلي: $\text{H}_3\text{A}(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^{3-}(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq})$	

11. عندما تكون تراكيز المواد المتفاعلة هي $[\text{H}_3\text{A}] = 0.100 \text{ M}$, $[\text{H}_2\text{A}^-] = 0.500 \text{ M}$ و $[\text{HA}^{2-}] = 0.200 \text{ M}$. فما هي الخطوة المحددة لسرعة التفاعل؟ اشرح كيف يمكنك معرفة.

12. قانون السرعة للتفاعل نواتج $\text{A} + \text{B} + \text{C} \rightarrow$ هو:
 $\text{Rate} = k[\text{A}]^2[\text{C}]$

إذا كان $k = 6.92 \times 10^{-5} \text{ L}^2/(\text{mol}^2 \cdot \text{s})$ و $[\text{A}] = 0.175 \text{ M}$, $[\text{B}] = 0.230 \text{ M}$ و $[\text{C}] = 0.315 \text{ M}$. فما هي سرعة التفاعل اللحظية؟

شكر و تقدير

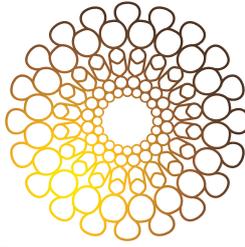
نسخة الطلاب

Photo: v Leksele/Shutterstock.com; vi (t-b)courtesy of Thandi Buthelezi, (2)courtesy of Laurel Dingrando, (3) courtesy of Nicholas Hainen, (4)Dinah Zike; x Charles D. Winters/Science Source; xi Aumm graphixphoto/Shutterstock.com; xii amooo/Alamy; **196** (l)Peter Bowater/Alamy Stock Photo; **196–197** (bkgd)Digital Vision/Getty Images; **197** (r)©David Papazian/Beateworks/CORBIS; **198** (l)McGraw-Hill Education, (r)McGraw-Hill Education; **200** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **202** (t)McGraw-Hill Education, (b)McGraw-Hill Education; **204** L.G. Patterson/AP Images; **206** (l)Matt Meadows/McGraw-Hill Education, (c)Matt Meadows/McGraw-Hill Education, (r)Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **207** (l)McGraw-Hill Education, (r)Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **211** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **212** Image Source/Getty Images; **213** © McGraw-Hill Education/Charles D. Winters; **214** (t) McGraw-Hill Education, (c)McGraw-Hill Education, (b)©Neil Rutledge/Alamy Stock Photo; **215** ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/PHOTO RESEARCHERS INC.; **216** (l)Stephen Frisch/McGraw-Hill Education, (c)Stephen Frisch/McGraw-Hill Education, (r)Stephen Frisch/McGraw-Hill Education; **217** Forcellini Danilo/Shutterstock; **218** (l)Rachel Epstein/PhotoEdit, (r)McGraw-Hill Education; **220** (l)Matt Meadows/McGraw-Hill Education, (r)Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **223** (l)Jim West/Alamy, (r)Gerry Broome/AP Images; **225** frantisekhozjdysz/Shutterstock; **228** McGraw-Hill Education; **230** McGraw-Hill Education; **236–237** (bkgd)Transtock Inc./Alamy Stock Photo; **237** (inset)yang yu/Alamy; **238** (c)Visionsi/Shutterstock.com, (l) Pixtal/SuperStock, (cr)YAY Media AS/Alamy, (r)Motoring Picture Library/Alamy Stock Photo; **241** ©Ariel Skelley/Blend Images LLC; **246** (l)McGraw-Hill Education, (r)McGraw-Hill Education;

247 (l)McGraw-Hill Education, (r) McGraw-Hill Education; **248** (t)Stephen Frisch/McGraw-Hill Education, (b) Stephen Frisch/McGraw-Hill Education; **249** McGraw-Hill Education; **250** (l) Pirita/Shutterstock.com, (r)Marcel Jancovic/Shutterstock.com; **252** (l)Dr. Jurgen Scriba/Science Source, (r)Mark Thomas/Science Source; **259** John Copland/Shutterstock.com; **262** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **COV** PjrStudio/Alamy; **EH-01** Sorin Colac/Shutterstock.com; **EH-03** (l-r, t-b) Charles D. Winters/Science Source, (2)Andrew Lambert Photography/Science Source, (3)Andrew Lambert Photography/Photo Researchers, (4)Andrew Lambert Photography/Photo Researchers, Inc., (5)Andrew Lambert Photography/Photo Researchers, (6)Dung Vo Trung/CORBIS, (7)Bettmann/CORBIS, (8)©Medical Body Scans/Science Source, (9)McGraw-Hill Education; **EH-04** (l)Matt Meadows/McGraw-Hill Education, (r)SPL/Science Source; **EH-05** European Southern Observatory/Science Source; **EH-06** Stephen Frisch/McGraw-Hill Education; **EH-07** (l-r)David Taylor/Science Source, (2)©Lester V. Bergman/CORBIS, (3)JERRY MASON/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Science Source, (4)JERRY MASON/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Science Source, (5)Philip Evans/Moment/Getty Images; **EH-08** (t)©NASA/epa/CORBIS (b)McGraw-Hill Education; **EH-09** PATICIA LOPEZ Notimex/Newscom; **EH-10** Charles D. Winters/Science Source; **EH-11** (c) Andrew Lambert Photography/Photo Researchers, (l)Andrew Lambert Photography/Photo Researchers, (cr) Andrew Lambert Photography/Photo Researchers, Inc., (r)Andrew Lambert Photography/Science Source; **EH-12** (l)NG Images/Alamy, (r)Mark A. Schneider/Science Source; **EH-13** (t)©Studio Photogram/Alamy, (b)Rebecca Cook/CORBIS; **EH-14** (t)Dung Vo Trung/CORBIS, (b)©Medical Body Scans/Science Source; **EH-15** (l)Bettmann/CORBIS, (r)McGraw-Hill Education; **EH-16** CORDELIA MOLLOY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Photo Researchers Inc.; **EH-17** Martyn F. Chillmaid/Science Source; **EH-18** Colin Walton/Alamy Stock Photo; **EH-19**

(t)Roger Harris/Science Source, (c)Eye of Science/Science Source, (b)Kalicoba/Alamy Stock Photo; **EH-20** (t)Ingram Publishing, (b)Theodore Clutter/Science Source; **EH-21** (t)SGO/age fotostock, (b)Science Source; **EH-24** (t)McGraw-Hill Education, (c)Eye of Science/Science Source, (cr)2/Howard Kingsnorth/Ocean/CORBIS; **EH-25** (t)Judith Collins/Alamy Stock Photo; (b)Charing Cross Hospital/Science Source; **EH-26** ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/PHOTO RESEARCHERS INC.; **EH-27** David Taylor/Science Source; **EH-28** (t)Adrian Muttitt/Alamy, (tr) Chemical Design/Science Source, (b)Dr. Tim Evans/Science Source; **EH-29** gabes1976/iStock/Getty Images; **EH-30** (t)Everett Collection Inc./age fotostock, (c)GOODSHOOT - Jupiter Images FRANCE/Alamy Stock Photo; (b)agf photo/SuperStock; **EH-31** ©Chinch Gryniowicz; Ecoscene/CORBIS; **EH-33** Matt Meadows/McGraw-Hill Education; **EH-34** (t)Inga Spence/Science Source, (c)Dr. P. Marazzi/Science Source, (b)Joe Belanger/iStock/Getty Images; **EH-35** (t)Ingram Publishing/Fotosearch, (b)McGraw Hill Education, (br)McGraw Hill Education; **EH-37** ©Bob Rowan/Progressive Image/CORBIS; **EH-38** (t) Szasz-Fabian Jozsef/Shutterstock.com, (b)Glow Images/Alamy Stock Photo; **EH-39** Leslie Garland Picture Library/Alamy Stock Photo; **EH-41** ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Photo Researchers Inc.; **EH-42** Isolated Products (John Boud)/Alamy; **EH-44** (l)Ted Kinsman/Science Source, (r)Charles D. Winters/Science Source; **EH-45** (t)©epa/CORBIS, (b) PhotoDisc/Getty Images, (br)PHOTOTAKE Inc./Alamy Stock Photo; iii [no credit required]; **MH-01** (l)Daniele Pellegrini/Science Source, (r)Chris Bjornberg/Science Source; **MH-02** (t)Julian Baum/Science Source, (b)Suttha Burawonk/Shutterstock.com; **MH-07** (t)Matt Meadows, (b)Matt Meadows; **MH-11** ABN Stock Images/Alamy Stock Photo; **MH-13** Matt Meadows; **MH-14** Bill Aron/Photo Edit; **MH-19** Matt Meadows; **MH-20** Elena Rooraid/Photo Edit; **MH-22** Geoff Butler; **EM** Courtesy of the United Arab Emirates Ministry of Education.

إكسبو 2020 دبي الإمارات العربية المتحدة والعلوم



تحت شعار تواصل العقول وصنع المستقبل، حظيت دولة الإمارات العربية المتحدة بشرف استضافة إكسبو 2020 دبي، وهذه هي المرة الأولى التي يقام فيها إكسبو دولي في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا وجنوب آسيا، وتعتبر معارض إكسبو الدولية من أكبر وأهم الأحداث في العالم، وذلك منذ أول معرض في العام 1851 الذي عُرف باسم المعرض العظيم.

ابحث في الموقع الإلكتروني لإكسبو 2020 دبي عن مهن المستقبل، ثم اعتقد مع مجموعة من زملائك جلسة عصف ذهني للوصول إلى نتيجة عن المهن المستقبلية لكم.



حان الوقت لتتعرف

على فرص المستقبل!

الجدول الدوري للعناصر

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
هيدروجين 1 H 1.008	ليثيوم 3 Li 6.941	بيريليوم 4 Be 9.012	سكانديوم 21 Sc 44.956	تيتانيوم 22 Ti 47.867	فناديوم 23 V 50.942	كروم 24 Cr 51.996	منجنيز 25 Mn 54.938	حديد 26 Fe 55.847	كوبلت 27 Co 58.933
روديوم 45 Rh 102.906	روبيديوم 37 Rb 85.468	ستراشيوم 38 Sr 87.62	يتريوم 39 Y 88.906	زركونيوم 40 Zr 91.224	نيوبيوم 41 Nb 92.906	موليبدينوم 42 Mo 95.94	تكنيتيوم 43 Tc (98)	روتينيوم 44 Ru 101.07	إيريديوم 77 Ir 192.217
إيريديوم 77 Ir 192.217	سيزيوم 55 Cs 132.905	باريوم 56 Ba 137.327	لانثانوم 57 La 138.905	هفنيوم 72 Hf 178.49	تانتالوم 73 Ta 180.948	تنجستن 74 W 183.84	رنيوم 75 Re 186.207	أزميوم 76 Os 190.23	مايتريوم 109 Mt (268)
مايتريوم 109 Mt (268)	فرانسيوم 87 Fr (223)	رادوم 88 Ra (226)	أكتينيوم 89 Ac (227)	زرفورديوم 104 Rf (261)	دبنيوم 105 Db (262)	سيبورجيم 106 Sg (266)	بوريوم 107 Bh (264)	هاسيوم 108 Hs (277)	

العنصر — هيدروجين
العدد الذري — 1
الرمز الكيميائي — H
الكتلة الذرية — 1.008

الحالة الفيزيائية
غاز
سائل
صلب
مصنع

العدد بين الأقواس هو رقم الكتلة الخاص بأطول النظائر عمراً لذلك العنصر.

مجموعة اللانثانيدات

مجموعة الأكتينيدات

سيريوم 58 Ce 140.115	براسوديوم 59 Pr 140.908	نيودميوم 60 Nd 144.242	بروميثيوم 61 Pm (145)	ساماريوم 62 Sm 150.36	يوروبيوم 63 Eu 151.965
ثوريوم 90 Th 232.038	بروتكتينيوم 91 Pa 231.036	يورانيوم 92 U 238.029	نبتونيوم 93 Np (237)	بلوتونيوم 94 Pu (244)	أمريكيوم 95 Am (243)

10			11			12			13	14	15	16	17	18			
نيكل 28 Ni 58.693	نحاس 29 Cu 63.546	خارصين 30 Zn 65.39	جاليوم 31 Ga 69.723	جرمانيوم 32 Ge 72.61	زرنيخ 33 As 74.922	سليسيوم 34 Se 78.96	بروم 35 Br 79.904	كربتون 36 Kr 83.80	بورون 5 B 10.811	كربون 6 C 12.011	نيتروجين 7 N 14.007	أكسجين 8 O 15.999	فلور 9 F 18.998	هيليوم 2 He 4.003			
بلاديوم 46 Pd 106.42	فضة 47 Ag 107.868	كادميوم 48 Cd 112.411	انديوم 49 In 114.82	قصدير 50 Sn 118.710	أنتيمون 51 Sb 121.757	تيلوريوم 52 Te 127.60	يود 53 I 126.904	زينون 54 Xe 131.290	ألنيوم 13 Al 26.982	سيلكون 14 Si 28.086	فوسفور 15 P 30.974	كبريت 16 S 32.066	كلور 17 Cl 35.453	أرجون 18 Ar 39.948			
بلاتين 78 Pt 195.08	ذهب 79 Au 196.967	زئبق 80 Hg 200.59	تاليوم 81 Tl 204.383	رصاص 82 Pb 207.2	بزموت 83 Bi 208.980	بولونيوم 84 Po 208.982	أستاتين 85 At 209.987	رادون 86 Rn 222.018	دارمشتاتيوم 110 Ds (281)	رونجنينيوم 111 Rg (272)	كوبرفيسيوم 112 Cn (285)	أونوتريريوم 113 Uut (284)	أنون كوادريوم 114 Fl (289)	أنون بيتتيوم 115 Uup (288)	ليفرموريوم 116 Lv (293)	أنون سبتيوم 117 Uus (294)	أنون أوكتيوم 118 Uuo (294)

* أسماء ورموز العناصر 113 و 115 و 117 و 118 مؤقتة. سوف يتم تحديد الأسماء النهائية عندما يتم التحقق من صحة اكتشافات العناصر.

جادولينيوم 64 Gd 157.25	تربيوم 65 Tb 158.925	ديسبروسيوم 66 Dy 162.50	هولميوم 67 Ho 164.930	إربيوم 68 Er 167.259	تليوم 69 Tm 168.934	يتربيوم 70 Yb 173.04	لوتيتيوم 71 Lu 174.967
كوريوم 96 Cm (247)	بركليوم 97 Bk (247)	كاليفورنيوم 98 Cf (251)	أينشتاينيوم 99 Es (252)	فرميوم 100 Fm (257)	مندلغفيوم 101 Md (258)	نوبليوم 102 No (259)	لورنسيوم 103 Lr (262)

Online Learning
Term 3 AY 19/20

مركز اتصال وزارة التربية والتعليم
اقتراح - استفسار - شكوى



80051115



04-2176855



ccc.moe@moe.gov.ae



www.moe.gov.ae

جميع الحقوق محفوظة لوزارة التربية والتعليم. لايسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو جزء منه أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات، أو نقله بأي شكل من الأشكال، من دون إذن مسبق من الناشر.